Ministério de Minas e Energia
Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético

Plano Nacional de Energia 2030

2006 - 2007

11 Eficiência Energética

Ministério de Minas e Energia
Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético

Plano Nacional de Energia 2030

2006 - 2007

Ministério das Minas e Energia – MME

Ministro
Silas Rondeau Cavalcante Silva
Nelson Jose Hubner Moreira (interino)

Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético
Márcio Pereira Zimmermann

Diretor do Departamento de Planejamento Energético
Iran de Oliveira Pinto

Ministério das Minas e Energia – MME
Esplanada dos Ministérios Bloco U – 5º andar
70065-900 – Brasília – DF
Tel.: (55 61) 3319 5299Fax : (55 61) 3319 5067
www.mme.gov.br

Empresa de Pesquisa Energética – EPE

Presidente
Maurício Tiomno Tolmasquim

Diretor de Estudos Econômicos e Energéticos
Amílcar Gonçalves Guerreiro

Diretor de Estudos de Energia Elétrica
José Carlos de Miranda Farias

Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Bioenergia
Maurício Tiomno Tolmasquim (interino)

Diretor de Gestão Corporativa
Ibanês César Cássel

Empresa de Pesquisa Energética – EPE
Sede: SAN – Quadra 1 – Bloco "B" – 1º andar | 70051-903
Brasília – DF
Escritório Central: Av. Rio Branco, 01 – 11º Andar20090-003
Rio de Janeiro – RJ
Tel.: (55 21) 3512 3100 | Fax : (55 21) 3512 3199
www. epe.gov. br

Catalogação na Fonte
Divisão de Gestão de Documentos e Informação Bibliográfica

Brasil. Ministério de Minas e Energia.
Plano Nacional de Energia 2030 / Ministério de Minas e Energia ; colaboração Empresa de Pesquisa Energética . _ Brasília : MME : EPE, 2007.
12 v. : il.
Conteúdo: v. 1. Análise retrospectiva – v. 2. Projeções – v. 3. Geração hidrelétrica – v. 4. Geração termelétrica a partir de Petróleo e derivados – v. 5. Geração termelétrica a partir do gás natural – v. 6. Geração termelétrica a partir do carvão mineral – v. 7. Geração termonuclear – v. 8. Geração termelétrica a partir da biomassa – v. 9. Geração de energia elétrica a partir de outras fontes – v. 10. Combustíveis líquidos – v. 11. Eficiência energética – v. 12. Transmissão.
1. Energia elétrica – Brasil. 2. Fonte alternativa de energia. 3. Plano Nacional de Energia Elétrica. I. Empresa de Pesquisa Energética. II. Título.

CDU 621.3(81)"2030" : 338.28

Plano Nacional de Energia 2030

Eficiência Energética

Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético – SPE/MME

Coordenação Geral
Márcio Pereira Zimmermann

Coordenação Executiva
Francisco Romário Wojcicki
Iran de Oliveira Pinto
Paulo Altaur Pereira Costa

Departamento de Planejamento Energético

Diretor
Iran de Oliveira Pinto

Consultores
Albert Cordeiro Geber de Melo – CEPEL
Altino Ventura Filho – MME
Antônio Carlos Tatit Holtz – MME
Maria Elvira Piñeiro Maceira – CEPEL

Equipe Técnica
Adriano Jeronimo da Silva
Andrea Figueiredo
Artur Costa Steiner
Christiany Salgado Faria
Eduardo de Freitas Madeira
Fernando Colli Munhoz
Fernando José Ramos Mello
Flávia Xavier Cirilo de Sá
Gilberto Hollauer
Jarbas Raimundo de Aldano Matos
João Antônio Moreira Patusco
John Denys Cadman
José Luiz Scavassa
Osmar Ferreira do Nascimento
Renato Augusto Faria de Araújo
Sophia Andonios Spyridakis Pereira
Vanessa Virgínio de Araújo

Equipe de Apoio
Gilda Maria Leite da Fonseca
Leonardo Rangel de Melo Filardi
Maria Soares Correia
Maurilio Amaro de Souza Filho

Coordenação Editorial
Gabriela Pires Gomes de Sousa Costa

Equipe Editorial
Alex Weiler Magalhães
Ana Klea Sobreira de Moraes
Carlos Teixeira da Silva
Daniele de Oliveira Bandeira
Eduardo Gregório
Paulo Alfredo Perissin
Rafael Santiago de Carvalho

Departamento de Desenvolvimento Energético

Diretora
Laura Porto

Coordenação Geral
Ceres Cavalcanti
Paulo Leonelli
Paulo de Tarso

Assessor
José Antonio Sales de Melo

Impresso na Gráfica da Eletrobrás

Apresentação

O Plano Nacional de Energia - PNE 2030 tem como objetivo o planejamento de longo prazo do setor energético do país, orientando tendências e balizando as alternativas de expansão desse segmento nas próximas décadas.

O PNE é composto de uma série de estudos que buscam fornecer insumos para a formulação de políticas energéticas segundo uma perspectiva integrada dos recursos disponíveis. Estes estudos estão divididos em volumes temáticos cujo conjunto subsidiará a elaboração do relatório final do PNE.

Este volume, cujo tema é Eficiência Energética, é resultado do conjunto de cinco notas técnicas, dos quais as três primeiras são frutos de trabalhos contratados pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e elaborados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), empresa pública vinculada ao MME, e as duas últimas são frutos do trabalho de reuniões com especialistas da área de diferentes instituições e coordenado pelo MME.

Na concepção do referido plano, bem como para os aperfeiçoamentos necessários e, sobretudo, para garantir os melhores resultados possíveis, foram realizadas no MME apresentações dos estudos preliminares por meio de seminários públicos, assegurando a efetiva participação dos agentes setoriais e da sociedade no processo de planejamento.

Foram realizados nove seminários cujo cronograma se vinculava ao estágio de desenvolvimento dos estudos temáticos do PNE 2030. O primeiro seminário ocorreu em abril de 2006 e o último em novembro do mesmo ano. O seminário de Eficiência Energética ocorreu no dia 13 de julho de 2006, e as contribuições realizadas neste seminário foram, na medida de sua pertinência, incorporadas nos trabalhos desenvolvidos de que trata este volume.

O presente volume encontra-se dividido em cinco Notas Técnicas enumeradas a seguir:

1. Caracterização técnico-econômica no uso da energia elétrica;
2. Potencial de eficiência energética no uso da energia elétrica;
3. Perspectivas da conservação de energia elétrica no PNE 2030;
4. Mecanismos de promoção para eficiência energética;
5. Estratégia de promoção para eficiência energética no Brasil.

A nota técnica “Caracterização técnico-econômica no uso da energia elétrica” tem como objetivo apresentar as diversas oportunidades de uso mais eficiente de energia elétrica nos diversos setores da economia, custos associados e agentes envolvidos, identificando possíveis atividades adicionais de fomento à implantação destas medidas.

A nota técnica “Potencial de eficiência energética no uso da energia elétrica” tem como objetivo estimar o potencial de economia de energia elétrica possível de ser atingido por medidas de uso mais eficiênte de energia, nas suas diversas acepções: técnico, econômico e de mercado.

A nota técnica “Perspectivas da conservação de energia elétrica no PNE 2030” tem como obje-

tivo descrever as perspectivas de eficiência no uso de eletricidade intrinsecas ao cenários energéticos definidos no âmbito do PNE 2030.

A nota técnica “Mecanismos de promoção para eficiência energética” descreve e analisa a experiência nacional e internacional das estratégias adotadas pelos governos para o fomento a eficiência, visto que a decisão final da maioria dessas medidas cabe ao consumidor final.

Finalizando este volume, a nota técnica “Estratégia de promoção para eficiência energética no Brasil” tem como objetivo apresentar as estratégias que o Brasil deve trabalhar para garantir a meta de conservação, para 2030, prevista pela ação induzida do governo.

Como auxílio à elaboração destas notas técnicas, que compõem um dos estudos da oferta de energia que subsidiarão a elaboração do PNE 2030, a EPE promoveu, no seu escritório central, uma reunião temática no dia 16 de março e um workshop no dia 07 de dezembro de 2006. Nos dois eventos, houve a participação de especialistas, estudiosos e profissionais reconhecidamente competentes em relação ao tema objeto da reunião.

Na reunião do dia 16 de março foram convidados os senhores: George Alves Soares – DDPE/PROCEL; Roberto Schaeffer – COPPE/UFRJ; Marcos José Marques – INEE; Jamil Haddad – UNIFEI; Albert Cordeiro Geber de Melo – CEPEL; Frederico Augusto Varejão Marinho – CONPET/PETROBRÁS. Os depoimentos e os esclarecimentos colhidos nessa reunião foram especialmente importantes, seja por sua relevância intrínseca, dada a qualificação dos profissionais convidados, seja por sua atualidade.

Por outro lado, o grupo técnico do MME realizou algumas reuniões no Rio e em Brasília com especialistas e membros de algumas instituições chaves neste processo, tais como PROCEL, CONPET e ANEEL, além de debates nos vários congressos de 2006 relativos ao tema, tais como o SIEF, CBE, CBPE e SENDI. O Grupo de especialistas que participou das reuniões e auxiliou o MME foi: Sergio Bajay – UNICAMP; Jamil Haddad – UNIFEI; Luiz Horta – UNIFEI; Manoel Nogueira – UFPA; Álvaro Furtado – UNICAMP; Eduardo Rodrigues – UPE; Sergio Peres – UPE. Nas reuniões no Rio com o PROCEL e CONPET, participaram: George Alves Soares – PROCEL; Luis Eduardo Menandro – PROCEL; Frederico Marinho – CONPET; Reinaldo Castro – PUC/Rio; e vários membros da equipe do PROCEL, CONPET e da PUC/Rio.

Tal processo despendeu esforço de um número de profissionais, estudiosos e interessados no tema e, ainda que tais esforços cumpram com seu objetivo, como todo trabalho de natureza complexa, cíclica e, necessariamente, vinculada a um horizonte temporal, o PNE e seus estudos correlatos estão sujeitos a atualizações e aperfeiçoamentos, sendo necessário refazê-los periodicamente.

Assim, com a publicação deste volume, o Ministério de Minas e Energia busca apresentar à sociedade o resultado de estudos que constituem a gênese de um processo que culminará com a publicação do Plano Nacional de Energia – 2030, este que é uma das principais formas de materialização do planejamento energético de longo prazo brasileiro que, paulatinamente, caminha rumo a uma mais intensa e efetiva participação da sociedade em sua elaboração.

SUMÁRIO GERAL

Participantes da
Empresa de Pesquisa Energética – EPE

Coordenação Geral
Mauricio Tiomno Tolmasquim
Amílcar Gonçalves Guerreiro

Coordenação Executiva
Renato Pinto de Queiroz
Juarez Castrillon Lopes

Coordenação Técnica
Ricardo Gorini de Oliveira

Equipe Técnica
Agenor Gomes Pinto Garcia
Carla da Costa Lopes Achão
Raymundo Moniz de Aragão Neto

SUMÁRIO

1. Introdução

A eficiência no uso da energia, em especial a elétrica, está na pauta no mundo desde os choques do petróleo na década de 70, quando ficou patente que as reservas fósseis não seriam baratas para sempre, nem o seu uso seria sem prejuízos para o meio ambiente. Logo se descobriu que o mesmo "serviço de energia" (iluminação, força motriz e os usos que proporciona, aquecimento, condicionamento ambiental, equipamentos eletro-eletrônicos, etc.) poderia ser proporcionado com menos gasto de energia, com repercussões econômicas, ambientais, sociais e culturais. Equipamentos e hábitos de uso passaram a ser analisados também sob o ponto de vista de sua eficiência energética, verificando-se que muitos deles eram "economicamente viáveis", ou seja, o custo de sua implantação era menor que o custo da energia cujo uso evitava.

Estas medidas – uso de equipamentos e hábitos que provocam menor uso da energia para auferir o mesmo serviço prestado – receberam o nome de "medidas de eficiência energética - MEE" [1]. A diversidade das medidas disponíveis e a análise correta das oportunidades de implementação ensejou o surgimento, a partir do início da década de 80 (VINE, 2005, p. 692) de uma indústria – a chamada indústria de ESCOs[2]. O serviço típico de uma ESCO se dá através de um "contrato de *performance*", onde cabe a ela a análise, a sugestão e a implementação de uma MEE, sendo remunerada através da economia proporcionada.

Apesar dos grandes benefícios que uma MEE pode trazer a seu usuário e à sociedade como um todo, muitas barreiras impedem a sua disseminação: dificuldades para financiamento, percepção dos riscos envolvidos, falta de informação, conscientização, treinamento, conhecimento das regras de um contrato de performance, acesso às tecnologias e equipamentos de uso eficiente da energia, altos custos de transação, falta de confiança no resultado das medidas (VINE, 2005, p. 695), etc. Essas barreiras necessitam de políticas adequadas para serem quebradas, incluindo o desenvolvimento e fortalecimento de agentes promotores como ESCOs (Empresas de Serviços de Eficiência Energética).

Esta primeira nota técnica do produto sobre "Eficiência Energética" do PNE 2030 visa apresentar as MEE que podem ser viáveis em cada setor de atividade na economia brasileira, procurando situá-la em termos de sua aplicação, custo, evolução, agentes que poderiam estar envolvidos na sua disseminação e políticas que pudessem facilitar a sua introdução.

Os custos da energia economizada são, em geral, como na literatura, apresentados em US$/MWh, resultado da divisão dos custos de implantação da medida (investimento inicial anualizado acrescido dos custos de operação e manutenção) pela energia anual economizada.

Procuramos classificar as MEE por setor econômico e por uso final, para facilitar a análise. Algumas considerações serão, portanto, repetidas ao longo do texto.

No estudo de potencial de conservação de energia, costuma-se vislumbrar três cenários de introdução das MEE, representados na Figura 1:

---

1 Para uma discussão ampla dos termos "eficiência energética", "economia de energia", "conservação de energia", "uso racional de energia" e "combate ao desperdício de energia", ver Machado, in IX CBE (Anais), p. 1258-1264.

2 Energy Service Companies, conhecidas no Brasil como Empresas de Serviços de Conservação de Energia (ABESCO, 2006).

Figura 1 – Potenciais de conservação de energia

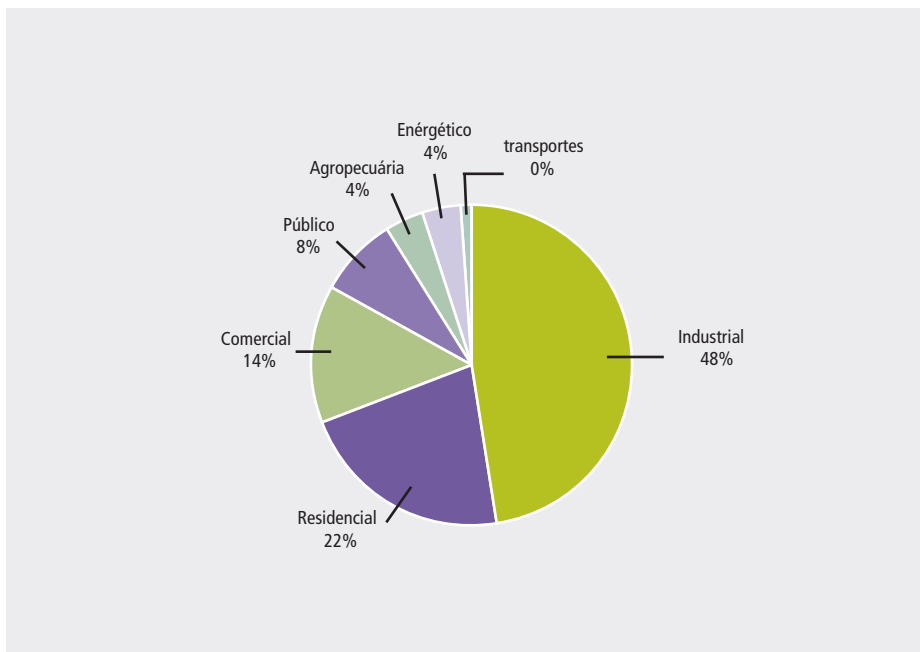
Fonte: EPE, 2006c.

O cenário técnico visa estabelecer um limite de penetração das medidas, dado pela substituição de todos os usos da energia considerados por equivalentes com a tecnologia mais eficiente disponível. Este cenário não considera custos ou qualquer outro impedimento de absorção da tecnologia, sendo, portanto, menos um cenário e mais um valor limite para balizamento dos outros estudos. O cenário econômico considera o subconjunto do cenário técnico cujas medidas têm viabilidade econômica de implementação. No entanto, a viabilidade econômica depende da ótica de quem a analisa – neste cenário, procura-se comparar as MEE com as alternativas de expansão do sistema elétrico, adotando-se, portanto, as variáveis que norteiam essa expansão, em especial a taxa de desconto e o custo marginal de expansão: busca-se verificar até que ponto seria interessante investir em evitar o uso da energia antes de expandir o sistema. No cenário de mercado, ao contrário, procura-se analisar as medidas que seriam introduzidas "por si mesmas", ou seja, aquelas cuja adoção traria redução de custos ao usuário, analisadas, portanto, pela sua ótica, em particular a taxa de desconto praticada e a tarifa de eletricidade a que está submetido. Mesmo neste cenário, outras barreiras haverá que impedirão a sua total penetração – é para sua minimização que devem existir as políticas públicas adequadas.

Nesta Nota Técnica estudaram-se as MEE disponíveis no mercado atual. É importante notar que tanto o cenário técnico cresce continuamente, pelo aparecimento de novas técnicas de uso mais eficiente de energia, quanto os cenários econômico e de mercado, pelo barateamento destas em função de seu aperfeiçoamento e economias de escala alcançadas pela sua maior penetração. Em 2030, portanto, todos os cenários terão aumentado consideravelmente.

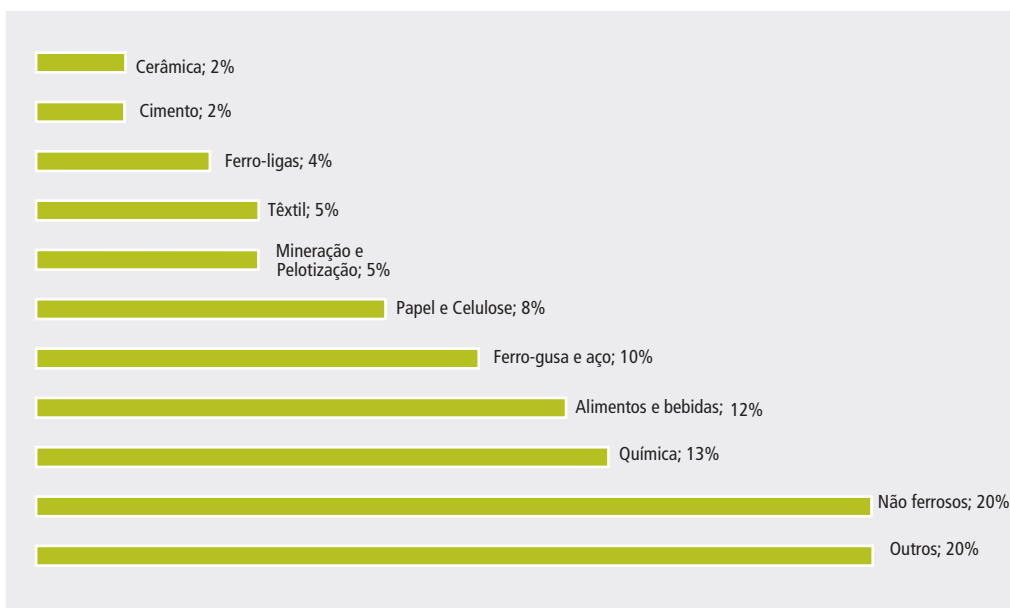
2. Setor industrial

O Setor Industrial é responsável por quase metade do consumo final de energia elétrica, como mostra a Figura 2, e certamente o que tem maior potencial de conservação de energia.

Figura 2 – Distribuição do consumo final de energia elétrica

Fonte: A partir do BEN 2005, EPE, 2006.

Por setor de atividade, o consumo se divide como mostrado na Figura 3.

Figura 3 – Consumo final por setor industrial

Cerâmica; 2%
Cimento; 2%
Ferro-ligas; 4%
Têxtil; 5%
Mineração e Pelotização; 5%
Papel e Celulose; 8%
Ferro-gusa e aço; 10%
Alimentos e bebidas; 12%
Química; 13%
Não ferrosos; 20%
Outros; 20%

Fonte: A partir do BEN 2005, EPE, 2006.

2.1. Força motriz

Quando se aplicam os coeficientes de destinação de uso final de eletricidade do BEU 2005 (MME, 2005) à energia elétrica consumida por cada setor industrial disponível no BEN 2005 (EPE, 2006), o consumo resultante em força motriz (incluindo os usos finais "força motriz" e "refrigeração") corresponde a 68% da energia elétrica usada pelo setor secundário, como se pode ver na Tabela 1.

Tabela 1 – Participação da força motriz no consumo em eletricidade na indústria

Setor	Total GWh/a	Força Motriz e Refrigeração	
		GWh/a	%
Cimento	3.754	3.702	99%
Ferro-gusa e aço	16.889	14.111	84%
Ferro-ligas	7.659	236	3%
Mineração e pelotização	9.292	8.586	92%
Não ferrosos	33.907	10.282	30%
Química	21.612	16.465	76%
Alimentos e bebidas	19.851	16.009	81%
Têxtil	7.776	7.582	98%
Papel e celulose	14.098	13.442	95%
Cerâmica	3.050	2.745	90%
Outros	34.173	23.750	70%
Total	**172.061**	**116.909**	**68%**

Fonte: Baseado no BEU 2005, MME, 2005 e BEN 2005, EPE, 2006.

O Balanço de Energia Útil (BEU 2005 – MME, 2005) estabelece como "energia útil" a energia mecânica gerada por motores elétricos, no uso final "Força Motriz"[3]. No entanto, esta energia na indústria, como nos demais setores, é usada para acionar equipamentos que produzem movimentação de diversas cargas, através de sistemas (por exemplo, uma bomba que movimenta um fluido em um sistema hidráulico), equipamentos e sistemas onde também podem ser aplicadas medidas de eficiência energética - MEE. Assim, o potencial de conservação calculado naquele estudo, referido apenas à possível melhora no rendimento do motor elétrico, fica sub-dimensionado.

Uma alternativa seria adotar a classificação proposta na pesquisa "Mercado de Eficiência Energética no Brasil" (PROCEL/GEF, 2005), ainda em desenvolvimento, que segue a linha de outros estudos, a exemplo de Nadel et alii (2002):

Tabela 2 – Uso final de força motriz

Bombas	movimentação de líquidos
Ventiladores	movimentação forçada de ar
Compressores de ar	compressão de ar para uso em diversas aplicações
Refrigeração	equipamentos de refrigeração e condicionamento ambiental
Manuseio	equipamentos para transporte e adequação de produto ou material
Processamento	equipamentos que modificam, de alguma forma, o produto ou material processado

Fonte: EPE.

A vantagem seria poder-se considerar as MEE a jusante do motor, como: eficientização de bombas e sistemas hidráulicos, ventiladores e sistemas de ventilação, compressores de ar e sistemas de ar comprimido, uso de acionadores de velocidade variável, eficientização de compressores de fluido refrigerante e sistemas de refrigeração e ar condicionado; sistemas de manuseio de material (pontes-rolantes, elevadores de caneca, esteiras rolantes, ensacadeiras, etc.) e de processamento (agitadores, peneiras, compressores de processo, prensas, extrusoras, máquinas-ferramenta, trefiladeiras etc.).

Com a distribuição sugerida para a indústria americana proposta por Nadel et alii (2002, p. 214), a partir da pesquisa da XEnergy[4], a distribuição brasileira ficaria como na Tabela 3.

3 No último balanço, BEU 2005, foi separado o uso final "Refrigeração" do conjunto de força motriz, para a "energia usada em geladeiras, freezers, equipamentos de refrigeração e ar condicionado tanto de ciclo de compressão como de absorção" (MME, 2005, p. 10).

4 A XEnergy (1998) fez uma pesquisa de campo na indústria americana, para o DOE, sobre o uso de força motriz e as oportunidades de mercado, recolhendo informações em quase 30 mil sistemas motrizes.

Tabela 3 – Distribuição da energia em força motriz por setor e uso final

Setores	Bombas	Ventiladores	Compressores de ar	Refrigeração	Manuseio	Processamento	Outros	Total
Cimento	20,4%	14,5%	16,1%	0,2%	11,1%	33,3%	4,4%	100,0%
Ferro-gusa e aço	8,7%	15,3%	14,3%	0,0%	47,1%	12,6%	1,9%	100,0%
Ferro-ligas	8,7%	15,3%	14,3%	0,2%	47,1%	12,6%	1,9%	100,0%
Mineração e pelotização	8,7%	15,3%	14,3%		47,1%	12,6%	1,9%	100,0%
Não ferrosos	8,7%	15,3%	14,3%		47,1%	12,6%	1,9%	100,0%
Química	27,5%	12,5%	29,3%	2,5%	1,5%	24,9%	1,9%	100,0%
Alimentos e bebidas	18,9%	8,8%	8,9%	18,4%	7,0%	30,2%	7,7%	100,0%
Têxtil	12,3%	8,7%	9,7%	40,0%	6,7%	20,0%	2,6%	100,0%
Papel e celulose	32,9%	20,6%	4,8%	0,6%	7,7%	22,3%	11,1%	100,0%
Cerâmica	20,5%	14,5%	16,1%		11,1%	33,4%	4,4%	100,0%
Outros	18,6%	13,2%	14,7%	9,2%	10,1%	30,3%	4,0%	100,0%
Total	**18,4%**	**13,7%**	**14,5%**	**7,4%**	**18,5%**	**23,1%**	**4,4%**	**100,0%**

Fonte: Baseada em EPE, 2006, MME, 2005 e Nadel et alii, 2002.

Esta, na verdade, é uma adaptação grosseira – teríamos que ter uma boa pesquisa de campo para estimar valores mais confiáveis. Vale ressaltar que Nadel et alii, baseados numa distribuição similar a esta e numa estimativa dos potenciais de conservação para várias MEE visualizadas, chegam a um potencial global para força motriz nos EUA em 1997 de 28 a 42% (NADEL et alii, 2002, p. 235).

■ 2.1.1. Motores elétricos

No tocante ao uso do motor elétrico em si, três MEE são normalmente consideradas:

- Uso de motor de alto rendimento;
- Adequação da potência do motor à carga;
- Uso de acionadores (conversores de freqüência, regulador de tensão).

Uso de motor de alto rendimento

No Brasil, os rendimentos nominais dos motores vêm sendo elevados, tanto da linha padrão como da linha de alto rendimento, através da aplicação de mecanismos de "etiquetagem e padronização" [5], desde 1993. As atividades iniciaram-se dentro do grupo de motores, o GT-Motores, do PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem, estabelecendo-se metas para rendimentos nominais mínimos, de vigência anual ou bienal. As metas são sempre estabelecidas por consenso entre os participantes – fabricantes (Weg, Kohlbach, Eberle, Sew, Siemens), Cepel (responsável pelos testes), Inmetro (coordenador) e Procel. Além disso, os fabricantes concorrem para obtenção do Selo Procel, que premia os equipamentos mais eficientes nas determinadas categoria (cada fabricante consegue o selo em algumas potências e polaridades), como salientam Schaeffer et alii (2005, p. 25).

O sucesso deste processo, além da importância do motor elétrico trifásico de indução[6], motivou ser este o primeiro equipamento a ter os índices mínimos de desempenho regulamentados para atender à Lei de Eficiência Energética (Lei nº 10.295 de 17 de outubro de 2001 – BRASIL, 2001). Este processo, portanto, na verdade foi mais uma etapa daquele iniciado no âmbito do PBE. No entanto, somente a aplicação dos índices do Decreto que regulamentou a Lei para motores (Decreto 4.508, BRASIL, 2002) proporcionou uma economia da

5 Para uma descrição acurada dos mecanismos de etiquetagem e padronização, aplicados hoje em quase 50 países, ver o guia elaborado pela CLASP (2005), uma entidade destinada a apoiar estes programas nos países em desenvolvimento, disponível em http://www.clasponline.org/disdoc.php?no=289.

6 Estima-se que este equipamento pode chegar a consumir 32% da energia elétrica do país (MME, 2001, p. 23).

ordem de 1% (GARCIA, 2003, p. 91). O Decreto 4.508/02 continha duas tabelas, uma para motores da linha padrão e outra para motores de alto rendimento.

O próximo passo na aplicação da lei foi a Portaria 553/2005 (MME, 2005), que estabeleceu uma única tabela de rendimentos mínimos, a ser aplicada a todos os motores trifásicos de indução. Na prática, isto significou que todos os motores fabricados (ou comercializados) no Brasil, a partir de 2010[7], serão de "alto rendimento", segundo a antiga concepção. A economia gerada pela aplicação desta lei equivalerá à produzida por uma hidrelétrica de cerca de 380 MW. Schaeffer et alii (2005, p. 10) concluem que os "índices propostos são próximos aos praticados no mundo, em particular EUA e Canadá, União Européia (classe eff1) e China".

Esta situação particular, em que a lei foi aplicada a dois equipamentos já existentes (os motores das linhas padrão e alto rendimento), permitiu que se fizesse uma análise custo-benefício da sua aplicação (SCHAEFFER et alii, 2005). Os autores concluem que "a substituição dos motores propicia, em geral, uma economia maior que o investimento inicial" (idem, p. 10), com um custo médio para o consumidor final de 54 R$/MWh.

Avanços maiores na aplicação da lei, com a classe *premium* existente nos EUA, esbarram em princípio no fato das nossas carcaças serem menores, baseadas no padrão IEC, ao contrário das americanas, padrão NEMA. Porém, para quem já evoluiu tanto, como a indústria nacional, será mais um desafio a vencer.

Esta MEE, portanto, tem no programa de padronização, executado no Brasil pela Lei de Eficiência Energética, a política adequada para sua implementação. Caso apareça uma linha *premium*, programas de desconto ("rebates"), contratos de *performance* de energia e leilões de eficiência energética são medidas adequadas e usadas no mundo para incentivar o uso (na verdade, para contrato de performance, a política a ser adotada é o incentivo ao mercado de ESCOs, através da facilitação do crédito, treinamento, apoio institucional, etc.). Programas de treinamento e conscientização também são adequados.

Adequação à carga

Muitos motores instalados encontram-se sobredimensionados para a carga que acionam. De uma amostra de 2.119 motores da indústria brasileira analisada (GARCIA, 2003), 36% operavam a menos de 50% da carga nominal. Nadel et alii (2002, p. 224) citam uma amostra da indústria americana onde 44% dos motores operavam a menos de 40% da potência nominal. Operar a baixa carga significa operar a baixo rendimento, em especial quando a carga é menor que a metade da nominal.

Em alguns casos, este sobredimensionamento é necessário, para atender a partidas mais severas ou eventuais condições de sobrecarga. Na maioria dos casos, porém, a utilização de motores de menor potência é possível. Nadel et alii calculam em 5% a perda de rendimento média causada por sobredimensionamento para a indústria dos EUA. A análise de Garcia (2003, p. 96) para a indústria brasileira aponta uma perda de cerca de 1%.

Em geral, a substituição de motores sobredimensionados só se justifica economicamente quando realizada próxima ao final da vida útil, quanto o custo da substituição em média é inferior ao da reposição, compensando o custo com adaptações de base e outras (por exemplo, troca do relé térmico) eventualmente necessárias.

As principais políticas de incentivo neste caso parecem ser programas de treinamento, orientando usuários a dimensionar adequadamente os motores. Contratos de *performance* e leilão de eficiência, embutidos em projetos mais abrangentes, podem também ser usados.

7 A Portaria 553/2005 foi promulgada em 8.dez.2005 e previa um prazo de 4 anos para que os índices estabelecidos passem a vigorar.

Uso de acionadores de velocidade ajustável

A grande oportunidade aqui é o uso de variadores de freqüência (aqui chamados de AVA – acionadores de velocidade ajustável) no acionamento de cargas centrífugas (especialmente bombas, ventiladores e compressores centrífugos) cujo fluxo seria antes controlado por válvulas de controle ou recirculação de parte do fluxo da descarga para a admissão. Nadel et alii (2002, p. 225) estimam em 29% a energia consumida por motores candidatos a AVA, sendo que 14% seriam fortes candidatos (cargas centrífugas, com fluxo variável, acima de 20 cv e operando mais de 2 mil horas por ano). Avaliaram também que 9% dos motores da indústria americana, consumindo 4% da energia, já são (1998) acionados por AVAs.

Estimam estes autores que 15 a 50% de economia são comuns em aplicações de acionadores de velocidade ajustável, medida aplicável a um universo correspondente a 12 a 27% da energia consumida por motores. Alguns autores citam custos variando entre 10 e 25 US$/MWh economizado, resultando em medidas com tempo de retorno inferior a 2 anos. Nadel et alii, no entanto, preferem adotar um limite superior de custo de 50 US$/MWh nas suas projeções, supondo retornos mais conservadores de até 5 anos.

A pesquisa da XEnergy (1998) na indústria americana, usada por Nadel et alii, fez uma consulta a especialistas que utilizam os critérios mostrados na Tabela 4 para aplicação de AVAs:

Tabela 4 – Critérios para aplicação de AVAs

Critério	Comentários
Motor de indução	
Potência nominal acima de 15 cv, preferencialmente acima de 30 cv	Abaixo de 15 cv o tempo de retorno é longo, em geral
Funcionamento intenso	Pelo menos acima de 2.000 h/ano
Carga centrífuga preferencial	Em outros casos também se aplica, porém com menores economias
Carga variável	Mais de 30%, por exemplo, variando entre 60 e 90%
Tempo em carga reduzida	Se este tempo for curto, pode não haver vantagem na aplicação de AVA
Equipamento de modulação de carga já existente	Válvula de controle: excelente aplicação Damper na descarga: boa aplicação Palheta na admissão: depende do controle Motor com várias velocidades: boa aplicação, se com válvula de controle. Embreagem por corrente parasita: pode ter tempo de retorno grande Caixa de engrenagem ajustável: necessária medição Nenhuma: necessária medição da carga

Fonte: XEnergy, 1998.

Geller (1994, p. 144) estimou uma média de 25% de economia em aplicações de AVAs, com uma penetração de até 40% do consumo de eletricidade industrial (ou seja, mais da metade – em termos de energia – dos sistemas motrizes). O autor adotou um custo médio instalado de 450 US$/cv (610 US$/kW), operação média de 6.000 horas/ano, vida útil de 20 anos, chegando a um custo de 42 US$/MWh. Diante desses dados, estimamos economias de 20 a 40%, aplicáveis de 30 a 50% da carga motriz na indústria, com custos de 30 a 60 US$/MWh.

A aplicação de AVAs tem uma série de benefícios adicionais à economia de energia, como melhor controle do processo, redução de ruído, redução da manutenção necessária pelas partidas e paradas mais suaves, não só para a bomba e o motor, como para todo o sistema hidráulico por evitar os golpes de aríete. No entanto, sua utilização requer atenção específica por conta de alguns problemas possíveis como geração de harmônicos na rede e sobreaquecimento do motor. O estudo do PROCEL/EFEI (2001, p. 459) cita aplicações típicas para AVAs.

Além dos AVAs, também as chaves de parada e partida progressivas (CPPP), mais conhecidas como "soft-starters", também podem ser usadas para poupar energia, quando aplicadas a motores que acionam cargas com períodos em funcionamento em baixa carga (ou a vazio), quando reduzem a tensão aplicada, migrando para uma faixa de maior rendimento do motor. Esta é, entretanto, uma alternativa menos popular.

Esta MEE tem em geral um bom retorno de investimento e deve ser usada em contratos de performance e leilões de eficiência energética.

2.1.2. Bombas

Como se viu acima, bombas representam uma boa parcela da energia usada em força motriz na indústria. Várias MEE são aplicáveis neste uso final, tanto no equipamento em si quanto no sistema hidráulico acionado.

A XEnergy (1998, p. 56) estima em 9,6% a economia possível de eletricidade em sistemas de bombeamento. Considera haver um potencial adicional de 10,5% com controle de velocidade, chegando a um total de 20,1%, baseada em sua pesquisa de campo feita na indústria americana de 1997. Ela considerou as medidas relacionadas na Tabela 5.

Tabela 5 – MEE em sistemas de bombeamento

MEE	Comentários
Reduzir a energia requerida	
Usar tanques de armazenamento intermediário, equalizando o fluxo no tempo	Economias de 10 a 20%
Eliminar malhas de by-pass e outros fluxos desnecessários	Economias de 10 a 20%
Aumentar o diâmetro da tubulação evitando atrito	Economias de 5 a 20%, porém com investimento alto
Reduzir as margens de segurança no projeto da capacidade do sistema	Economias de 5 a 10%, aplicáveis a todas as bombas
Adequar a bomba à carga	
Instalar sistemas em paralelo para cargas com grande variação de fluxo	Economias de 10 a 50%
Adequar o tamanho da bomba à carga	Há um sobredimensionamento médio de 15 a 25% nas bombas em operação
Reduzir ou controlar a velocidade	
Reduzir velocidade para cargas constantes: usinar o rotor ou reduzir a relação da engrenagem	Economias de até 75% - 82% dos casos não têm modulação de carga, de acordo com a pesquisa.
Trocar válvula de controle por controles de velocidade	Economias de 30 a 80%, aplicáveis a sistemas com altura manométrica variável (circulação).
Melhorar os equipamentos	
Trocar por modelo de bomba mais eficiente, ou com ponto de rendimento máximo mais próximo do de operação	16% das bombas têm mais de 20 anos – o problema maior é que o sistema mudou em relação ao ponto de rendimento máximo. O rendimento pode decair de 10 a 25%; bombas mais modernas são 2 a 5% mais eficientes; economias de 2 a 10%.
Trocar acoplamento por correia por direto	Economias de 1%
Operação e manutenção	
Trocar rotores desgastados, especialmente em fluxos cáusticos ou semi-sólidos. Verificar rolamentos, selos mecânicos e outros selos	Economias de 1 a 6%

Fonte: XEnergy , 1998.

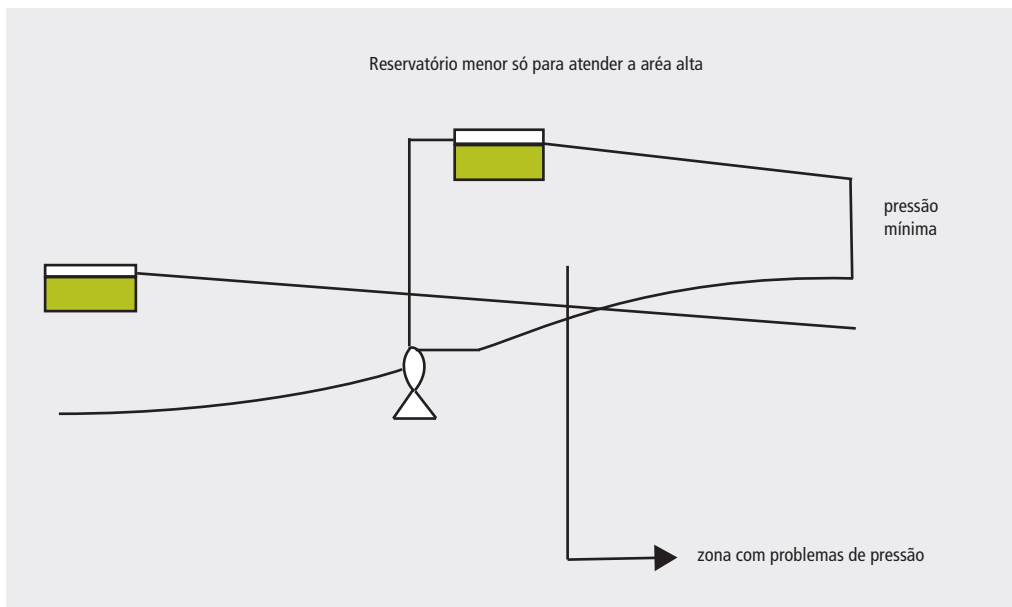
O Manual de Bombeamento (MONACHESI, 2005) do projeto PROCEL - SANEAR, para sistemas de saneamento ambiental, embora com foco específico, também aponta medidas de eficientização que podem ser estendidas aos sistemas de bombeamento em geral. Salientam os autores que a energia despendida no bombeamento está relacionada com duas variáveis principais, a vazão e a altura manométrica (a potência hidráulica requerida é o produto destas variáveis), e que "vê-se pelas equações que a perda de carga é proporcional ao

estado de conservação da tubulação (rugosidade), ao comprimento e ao quadrado da vazão que flui por ela, e é inversamente proporcional ao diâmetro da tubulação elevado à quinta potência", o que dá uma boa indicação de onde atuar para melhorar a eficiência.

• Redução da altura manométrica

A altura manométrica de sistemas de bombeamento corresponde à diferença entre as alturas geométricas dos reservatórios de sucção e descarga somada à perda de carga verificada no escoamento do líquido.

Pode-se atuar na altura geométrica separando-se as cargas, e destinando tanques mais elevados na sucção para atender às cargas mais elevadas, como exemplificado na Figura 4.

Figura 4 – Abastecimento dividido com tanque intermediário para zona de alta pressão

Fonte: MONACHESI, 2005.

Já para a redução da altura manométrica pela redução da perda de carga, os autores relacionam:

- Redução de perda de carga pelo aumento do diâmetro da tubulação – vale a pena considerar esta alternativa, apesar do aumento dos custos da tubulação pelo seu maior diâmetro, principalmente no caso de novas instalações.

- Redução da rugosidade interna da tubulação – uma limpeza periódica em tubulações metálicas é recomendada. Uma das fontes (MONACHESI, 2005) apresenta um exemplo concreto com redução de 15% na energia consumida.

- Aumento da capacidade dos reservatórios – esta é apenas uma medida para deslocamento da operação do motor do horário de ponta para o de fora-da-ponta.

• Redução da potência de bombeamento

- Melhoria do rendimento da bomba – a escolha de um bomba não é tarefa fácil devido aos múltiplos mo-

delos e fabricantes existentes, bem como para diferentes configurações de rotor para uma mesma carcaça. Deve-se escolher aquela que apresentar melhor rendimento no ponto de operação do sistema, ou na faixa de operação em que a bomba irá operar. Eventualmente, a simples substituição do rotor altera significativamente o rendimento da bomba. Há softwares que podem ajudar nesta escolha.

- Seleção do tipo adequado de bomba – há vários tipos de bomba que podem ser mais ou menos adequado para determinado serviço. O Manual do Procel-Sanear (MONACHESI, 2005, p. 55) apresenta a Tabela 6.

Tabela 6 – Tipos de bomba e aplicações

Tipo de bomba	Aplicação
Bomba centrífuga radial monobloco e monoestágio	De baixa potência para pequenas vazões
Bomba centrífuga radial com acoplamento e único estágio	A mais comum nos sistemas de abastecimento de água. Vazões da ordem de 5 a 100 l/s (18 a 360 m³/h) a alturas manométricas totais que variam de 40 a quase 200 m.c.a. Em casos extremos, atendem a alturas manométricas maiores, da ordem de 100 m.c.a.
Bomba centrífuga radial de múltiplos Estágios	É como bomba em série, propiciando grandes pressões, porém Separadas em faixas (estágios). Evita problemas de desgaste das peças de vedação (anéis, buchas, gaxetas, etc.).
Bomba submersa (poços)	É construída de modo a ter dimensões externas reduzidas, para que possa ser utilizada nos poços profundos, cujo diâmetro é da ordem de 150 mm, sendo esse valor excedido quando se trata de poços com vazões maiores.
Bombas submersas com fonte de energia alternativa	Para regiões remotas, pequenos vilarejos onde a energia elétrica ainda não está disponível pela rede de distribuição da concessionária. Tem custo inicial superior às soluções convencionais.
Bomba centrífuga radial de coluna	Aplicada em áreas inundáveis, onde seria necessária uma obra de grande porte para a proteção da elevatória, ou uma altura de sucção muito grande. De eixo vertical, o motor está protegido acima da cota de inundação, e a bomba não está obrigada a trabalhar com alturas de aspiração elevadas, em que o NPSH disponível seria baixo.
Bomba submersível	Primordialmente, utilizada para águas mais abrasivas, com maior quantidade de sólidos em suspensão, como esgotos, lamas de fundos de vala. Por tanto, sua aplicação principal ocorre nas obras de drenagem e esgotamento de fundos de vala, caixas coletoras de esgoto em cota abaixo da rede pública, etc.
Bomba bipartida	De maior porte, destinada a bombeamentos de maiores vazões. Tem a vantagem de equilibrar melhor os empuxos, sendo esta uma característica que interessa mais à equipe de manutenção.

Fonte: MONACHESI, 2005.

- Melhoria do rendimento do motor – já comentado no item 2.1.1.
- Redução pela variação de velocidade – já comentado no item 2.1.1.
- Associações adequadas de bombas – em combinações série e/ou paralelo para atender a variações de carga.

Note-se que ambos os estudos (XEnergy e Procel-Sanear) apontam na mesma direção das economias potenciais. Porém, não fazem considerações sobre custos. Nadel et alii (2002, p. 228) estimam reduções típicas de 5 a 10% para otimização de equipamentos (já descontada a eficientização do motor e a aplicação de AVA), com um investimento típico de 10 US$/MWh economizado (implícitos uma taxa de desconto de 6% e uma vida útil de 10 anos). Para a otimização de sistemas, calculam a economia de 10 a 20% para um investimento médio de 10 US$/MWh economizado. Considerando os maiores custos de equipamentos no Brasil, parece razoável supor economias de 5 a 10% para equipamentos com custo de 20 a 40 US$/MWh economizado e 10 a 20% a custo de 20 a 50 US$/MWh economizado para eficientização dos sistemas de bombeamento.

Estas estimativas teriam que ser confirmadas por pesquisa de campo no Brasil, com custos típicos de investimento e economias obtidas. Conscientização e treinamento são políticas típicas para o incentivo destas MEE, já que a especificação de bombas e sistemas passa pela indicação de um profissional. O incentivo ao mer-

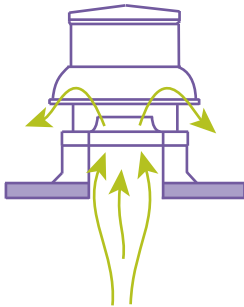
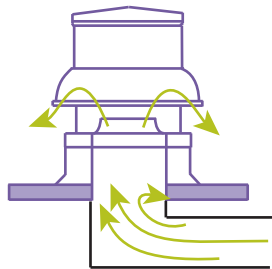
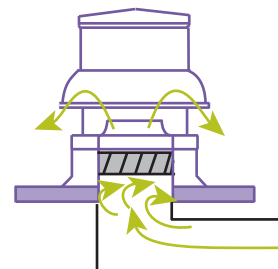
cado de ESCOs e leilões de eficiência também são indicados para incrementar a implementação deste tipo de ação. Programas de etiquetagem e padronização de índices de eficiência energética também são aplicáveis.

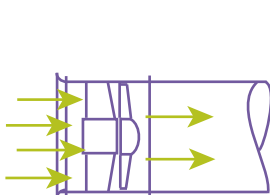
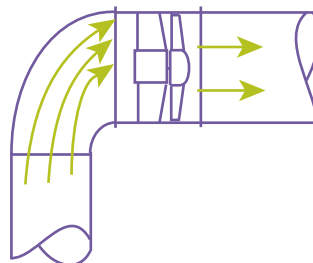
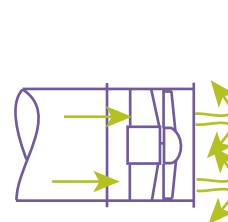
■ 2.1.3. Ventiladores

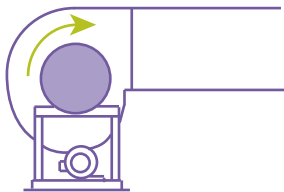
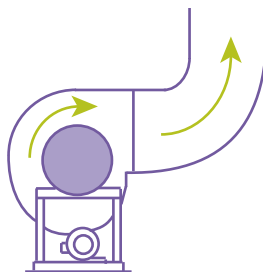
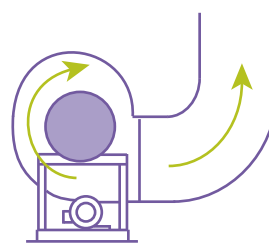
Muitos pontos são semelhantes ao estudo de bombas, e frequentemente são consideradas as duas aplicações em conjunto. Também se aplicam vários tipos de MEE, tanto ao equipamento em si como no sistema de ventilação acionado.

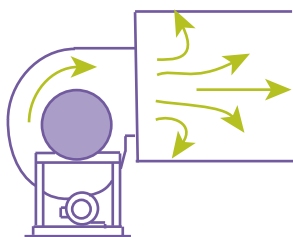
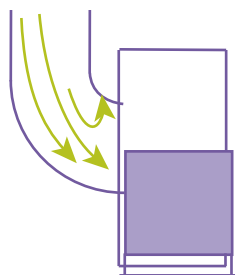
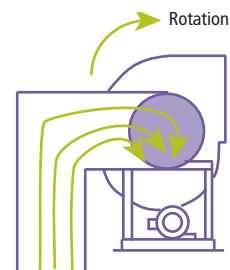
A XEnergy (1998, p. 61) menciona que a redução do "efeito de sistema" pode levar a economias de 25% no consumo de energia. O efeito de sistema reflete perdas adicionais devidas à inadequada instalação do sistema de ventilação (GORHAM/SCHAFFLER, 2006), principalmente em relação às condições padronizadas de teste dos ventiladores. Por exemplo, a Tabela 7 apresenta condições adequadas e inadequadas de instalação.

Tabela 7 – Condições de "efeito de sistema"

Ventiladores de teto

Adequada. Condição típica de teste: livre entrada e livre saída.

Inadequada. Duto horizontal com joelho abrupto na entrada

Inadequada. Igual à anterior com adição de damper, aumentando o efeito de sistema.

Ventiladores axiais em tubos

Adequada. Condição típica de teste: livre entrada e saída em tubo.

Inadequada. Joelho abrupto na entrada deslocando o ar para um dos lados.

Inadequada. Saída perto de parede.

Ventiladores centrífugos

Adequada. Condição típica de teste: livre entrada e saída em tubo.

Inadequada. Joelho conectado diretamente na saída.

Inadequada. Idem, com rotação invertida.

Ventiladores centrífugos

Inadequada. Saída diretamente num *plenum* gerando turbulência.

Inadequada. Joelho conectado diretamente na entrada.

Inadequada. Configuração do duto causando turbulência na entrada.

Fonte: GORHAM/SCHAFFLER INC.

Na verdade, são muitas as possibilidades de instalação. A Gorham/Schaffler aponta as seguintes principais causas de efeito de sistema:

- Condições na entrada
  - Joelhos muito próximos à entrada
  - Transição abrupta nos dutos
  - Turbulência na entrada devido ao projeto dos dutos
  - Dampers não totalmente abertos
  - Locação dos dampers
  - Controles não adequadamente projetados
  - Entrada muito próxima a paredes ou anteparos
  - Caixas na entrada
- Condições na saída
  - Joelhos muito próximos à saída
  - Transição abrupta nos dutos
  - Descarga livre
  - Locação dos *dampers*

– Proteções contra ataques pelo tempo
– Saída muito próxima a paredes ou anteparos

A empresa recomenda os seguintes cuidados na instalação de sistemas de ventiladores:

- Entenda como o ventilador selecionado foi testado (consulte as referências das tabelas de *performance* do fabricante).

- Para ventiladores montados no teto, onde os dutos correm horizontalmente sob ele, instale curvas no joelho, e verifique a possibilidade de usar maiores curvas ou bases estentidas. Esta altura adicional aumentará a distância entre o joelho e *dampers* da entrada do ventilador.

- Considere diferentes tipos de ventilador. Por exemplo, se o duto deve fazer uma curva de 90º, um ventilador centrífugo instalado na curva pode ser uma melhor escolha que um ventilador axial com um joelho abrupto.

- Selecione um ventilador centrífugo abrigado com a rotação adequada e a melhor posição de descarga para o caso considerado.

- Se um joelho for indispensável na entrada por restrição de espaço, use uma caixa na entrada que tem uma perda previsível, em vez do joelho.

- Evite descargas livres para ventiladores axiais e centrífugos. Acrescente dutos no comprimento necessário para obter um perfil uniforme de velocidade e minimizar perdas.

A XEnergy considera viável a aplicação das seguintes MEE:

Tabela 8 – MEE em sistemas de ventilação

MEE	Comentários
Reduzir a energia requerida	
Reduzir os efeitos de sistema através de melhores projeto de entrada e saída	Economias de até 25%
Reduzir o sobredimensionamento	Reduções de 1 a 5%. Em geral, é melhor reduzir ou controlar a velocidade do que trocar o ventilador.
Reduzir ou controlar a velocidade	
Trocar dampers ou palhetas por AVAs	Estimativas de 14 a 49% de economia em dampers na entrada. Na saída, as economias são maiores, porém há menos aplicações.
Melhorar os componentes	
Substituir correias em V padrão por correias dentadas	Metade das aplicações possuem correias, 2/3 das quais são padrão, com eficiência de 90 a 97% contra 94 a 98% das dentadas.
Usar modelos mais eficientes	Embora os rendimentos variem muito com os modelos de rotor, há oportunidades reduzidas de melhora.
Operação e manutenção	
Melhores práticas de manutenção: ajustar correias, limpar ventiladores e trocar filtros regularmente	Economias de 2 a 5%, aplicáveis a todos os casos.

Fonte: XEnergy , 1998.

Estimativas de penetração e economias estão na Tabela 9 – valores que foram utilizados no estudo da XEnergy, mais conservadores que os da Tabela 8.

Tabela 9 – Penetração e economias em MEE em ventiladores

MEE	Penetração			Economia	Economia líquida
	Baixa	Média	Alta		
Reduzir a energia requerida	5%	15%	25%	10%	1,5%
Reduzir ou controlar a velocidade	5%	10%	15%	20%	2,0%
Melhorar os componentes	15%	20%	25%	5%	1%
Operação e manutenção	25%	50%	60%	2%	1%
Economia total					**5,5%**

Fonte: XEnergy ,1998.

Evidentemente, é muito difícil estimar um custo médio sem uma pesquisa de campo e valores reais apurados. Nadel et alii (2002, p. 228) estimam reduções de energia de 10 a 20% com um custo de 10 US$/MWh economizado.

Para o uso de equipamentos mais eficientes, Nadel et alii citam o uso de ventiladores com pás inclinadas para trás, que custam 5 a 10% a mais que equipamentos convencionais com pás inclinadas para frente, do tipo "Sirocco". Eles podem prover uma economia que custa aproximadamente 10 US$/MWh economizado.

No caso do Brasil, considerando as maiores dificuldades em equipamentos eficientes, à semelhança do que foi feito no caso de bombas, consideramos possível uma economia de 15 a 30% a custos de 20 a 50 US$/MWh (5 a 10% para equipamentos, a custos de 20 a 40 US$/MWh e 10 a 20% para sistemas a 20 a 50 US$/MWh). Como para bombas, conscientização e treinamento são políticas com bom poder de incentivar o uso destas medidas, assim como incentivo ao mercado de ESCOs e leilões de eficiência energética, além de programas de etiquetagem e padronização de desempenho energético.

■ 2.1.4. Compressores de ar

Ar comprimido é uma utilidade presente em quase todas as indústrias. Na Tabela 3 vemos uma estimativa de 15% da energia usada em força motriz na indústria, ou seja, 11% da eletricidade usada no setor secundário. No entanto, por ser algo acessório à produção em geral, não se atribui a esta utilidade o devido cuidado no projeto e manutenção dos sistemas de ar comprimido. Ampliações são feitas muitas vezes quando se atinge o limite da instalação, procurando solucionar uma necessidade imediata, resultando em sistemas com múltiplas oportunidades de otimização. Não é raro perdas somente em vazamentos demandarem metade da capacidade instalada.

A XEnergy considera as seguintes MEE aplicáveis a sistemas de ar comprimido:

Tabela 10 – MEE em sistemas de ar comprimido

MEE	Comentários
Reduzir a energia requerida	
Reduzir a pressão do sistema através de melhor projeto e melhores componentes auxiliares (filtros e secadores)	Economias entre 4 e 6%. No inventário, 15% das instalações haviam reconfigurado a tubulação e filtros.
Reduzir a demanda por ar comprimido eliminando utilizações espúrias.	Ar comprimido é utilizado para sopro, resfriamento, limpeza ou movimentar peças, o que pode ser substituído por equipamentos específicos, com boas economias de energia. Estima-se em até 20%, incluindo cortar a alimentação de trechos não mais utilizados, a economia que pode ser conseguida.
Descentralizar o sistema quando usos em locais remotos tiverem requisitos especiais como pressões mais elevadas, ar mais limpo ou alto volume por pequenos intervalos.	Sistemas descentralizados nem sempre poupam energia. Porém, economias de até 5% podem ser atingidas.
Melhorar as condições de suprimento; usar ar externo.	Economias entre 4 e 6%. Pode haver aumento de atividades de O&M.
Adequar o sistema de compressão à carga	
Dimensionar os compressores para um corte eficiente	Compressores para atender à carga de base devem funcionar próximos ao rendimento máximo. Compressores de parafuso ou alternativos alimentam a carga variável. Economias de até 5%.
Controle de compressão	
Instalar controle de carga parcial padrão incluindo automação e armazenamento	Aplicável à maioria dos sistemas. Economias de 3 a 7%.
Instalar controle microprocessado no sistema de compressão	Esses controles reduzem a banda morta de 10 a 2 psi. Economias de 2 a 4%.
Usar compressores em paralelo e instalar controles multiunidades para reduzir carga parcial	Economias de 10 a 15%. Só usar em sistemas com muitos compressores, não só 2 ou 3.
Instalar AVAs para compressores rotativos	Para compressores com carga variável AVAs são a melhor opção, com economias da ordem de 10%.
Melhorar equipamentos	
Trocar antigos compressores alternativos e de parafuso por modelos mais eficientes	Alguns compressores antigos são bem eficientes. Variações de rendimento podem variar de 10 a 20%.
Operação e manutenção	
Reduzir vazamentos por um programa contínuo de manutenção em reguladores, engates-rápidos, tubulação, flexíveis e outros pontos de conexão	Economias da ordem de 15 a 25%.
Melhorar a manutenção, por exemplo, de válvulas em compressores alternativos ou trocadores de calor em compressores centrífugos	Economias na ordem de 2 a 5%.
Trocar filtros regularmente, tanto no compressor como nos pontos de uso	Economias com troca de filtro no compressor 1 a 2% e nos pontos de uso 3%.

Fonte: XEnergy, 1998.

Rocha e Monteiro (2005) desenvolveram um Livro Técnico para o programa PROCEL INDÚSTRIA, que relaciona as seguintes MEE em sistemas de ar comprimido:

- Usar ar externo à sala na sucção: o ar mais frio ocupa menor volume demandando menos potência do compressor. Portanto, deve-se aspirar o ar externamente à sala dos compressores, bem como não permitir que o ar de resfriamento não aqueça o ar sugado. Por exemplo, consome-se 3,8% mais energia com ar a 32º C do que a 21º C.

- Manter limpo o filtro de aspiração: a falta de manutenção programada provoca aumento da potência requerida pelo compressor.

- Ajustar adequadamente a pressão de desarme: considera-se um ajuste adequado a elevação de 0,8 bar da pressão média no ponto mais distante da instalação. Dizem os autores que “o aumento de 1 bar no ajuste da pressão de desarme leva a um aumento de 6% na potência consumida pelos motores dos compressores, para pressões em torno de 6 a 7 bars” – eles fornecem uma tabela que permite calcular a economia resultante de um ajuste correto.

- Corrigir vazamentos na linha: não existem MEE somente no sistema do compressor, mas também na distribuição e uso final. Por exemplo, os vazamentos na linha podem representar uma significativa perda de energia – um furo de 3 mm de diâmetro representa uma perda de 24 MWh/ano em compressores de funcionamento contínuo. Os autores descrevem um procedimento prático para dimensionar esta perda, requerendo uma parada no sistema. Um programa regular de correção é necessário, já que é impossível a eliminação duradoura de vazamentos.

- Retificar o traçado das linhas: linhas muito sinuosas causam perda de carga exagerada. Isto é comum, visto a ampliação de sistemas, na maioria das vezes, ser feita sem planejamento. Uma retificação do traçado pode reduzir significativamente a potência requerida.

- Recuperar a energia térmica usada: o processo de compressão necessita resfriamento, o que é feito por água ou ar. Apenas 4% da energia cedida ao compressor é usada na compressão e 94% pode ser recuperada. Os autores sugerem esquemas para recuperação, tanto para resfriamentos a ar quanto a água.

As MEE são, portanto, de diversas naturezas e de grande índice de aplicação aos sistemas reais. A XEnergy resume os potenciais na indústria americana como na Tabela 11.

Tabela 11 – Economias em sistemas de compressão

MEE	Penetração			Economia	Economia líquida
	Baixa	Média	Alta		
Reduzir a energia requerida	20%	30%	40%	20%	6,0%
Adequar o sistema de compressão à carga	5%	10%	15%	3%	0,3%
Controle de compressão	15%	25%	40%	10%	2,5%
Melhorar equipamentos	5%	15%	20%	5%	0,8%
Operação e manutenção	50%	75%	85%	10%	7,5%
Economia total					**17,1%**

Fonte: XEnergy, 1998.

Nadel et alii (2002, p. 235) estimam, somente para redução de vazamentos e usos finais inadequados, uma economia de energia de 20 a 30%, aplicáveis a 7% da força motriz usada na indústria (correspondente a sistemas de compressão de ar), com um custo de zero a 15 US$/MWh. Avaliam, outrossim, para equipamentos e sistemas de compressão mais eficientes economias de 15 a 25%, aplicáveis aos 7% da força motriz usada, com um custo de 15 a 40 US$/MWh. Da mesma forma que em outros usos finais, um estudo de campo no Brasil seria necessário para estimar os números aplicáveis à nossa indústria (e alguns setores de comércio). Por ora, estimamos em 20 a 30% a economia com redução de vazamentos e medidas de baixo custo, a custo de 10 a 30 US$/MWh e 15 a 25% com equipamentos e sistemas eficientes, a custos de 30 a 80 US$/MWh.

Como medidas de incentivo à aplicação destas MEE, destacam-se treinamento e conscientização, incentivo ao mercado de ESCOs e leilões de eficiência energética, etiquetagem e padronização de níveis de eficiência energética.

2.1.5. Sistemas de refrigeração

Como no Balanço de Energia Útil – BEU 2005 (MME, 2005, p. 32), estamos considerando neste uso final os sistemas de refrigeração de materiais e produtos (alimentos e bebidas, química, etc.) e condicionamento ambiental, necessário em alguns processos industriais, com adequação de uma ou várias variáveis – tempe-

ratura, umidade, pureza do ar, etc.

A XEnergy (1998), embora não considere especificamente MEE para este uso final, relaciona categorias de medidas que podem ser aplicadas a todos os sistemas (como foi visto nos itens acima para bombas, ventiladores e compressores):

- Reduzir a energia requerida: poderiam ser consideradas medidas para evitar cargas desnecessárias, ou refrigerados a temperatura menor que a exigida, espaços refrigerados com baixo aproveitamento, vedações insuficientes, incluindo portas e cortinas, condensadores próximos a fontes de calor, bem como restrições nas tubulações de fluido refrigerante.

- Reduzir ou controlar a velocidade do motor: semelhante ao que se considerou para compressores de ar, incluindo bombas e ventiladores auxiliares.

- Adequar o sistema à carga: sistemas são dimensionados freqüentemente para o pico de carga, sem maiores considerações para carga parcial, o que ocorre sempre com sistemas de refrigeração, em função da variação da temperatura ambiente. Muitas MEE são aplicáveis: prover vários estágios, desligamento automático, sistemas paralelos. Economias podem variar de 5 a 30% da energia consumida.

- Atualizar equipamentos acessórios: como bombas, ventiladores, torres de resfriamento, etc., inclusive os controles utilizados.

- Operação e manutenção: operar adequadamente, ajustando variáveis às condições de momento e manter programas de manutenção, com limpeza de filtros e serpentinas, recomposição da isolação, recuperação de vazamentos e umidade no refrigerante, ajuste e lubrificação podem trazer reduções substanciais de energia.

Venturini e Pirani (2005, p. 246-) citam diversas MEE que podem ser quantitativamente avaliadas:

- Adequar a temperatura: quando uma temperatura abaixo da requerida é ajustada;
- Adequar a iluminação: quando é utilizada iluminação incandescente na câmara;
- Adequar o controle: quando nem chaves de temperatura ou pressão são providas, liberando o funcionamento contínuo do sistema;
- Adequar localização e isolação: quando há incidência de raios solares ou isolamento deficiente;
- Adequar vedação por portas e cortinas: quando estas causam perdas excessivas.

Citam também outras MEE cujo dimensionamento é mais difícil:

- Adequar a forma de armazenagem, não prejudicando a livre circulação do ar frio;
- Adequar a localização, evitando a proximidade de fontes de calor;
- Instalar forçador de ar, evitando o acúmulo de gelo no evaporador;
- Instalar controle de iluminação, desligando-a quando não necessária;
- Evitar formação de gelo, que prejudica a troca de calor;
- Desligar o forçador de ar, enquanto a porta da câmara estiver aberta, evitando a saída de ar frio;
- Operação e manutenção adequadas, como, por exemplo, limpeza do condensador, troca de filtros, conjunto motor-compressor não alinhado ou mal fixado à base, vazamentos de óleo, isolamentos adequados, etc.
- Outras medidas e recomendações, como manter o colarinho da hélice do condensador, instalar o condensador em áreas ventiladas e sem outras fontes de calor, etc.

Nadel et alii (2002, p. 230 e 235), baseados em estudos da Arthur D. Little, Inc. que examinou 16 MEE que poderiam ser adotadas em supermercados, comparando com unidades que já as haviam adotado, estimou em 30% a economia possível com um custo médio de 20 US$/MWh, para uma vida útil de 10 anos, para as

cargas de refrigeração e de 25 a 40% de economia para os sistemas de ar condicionado, com um custo de 10 a 80 US$/MWh, combinando 20 a 30% de melhoria de eficiência em equipamentos com 24% com instalação e manutenção adequadas. Para o Brasil, levando em conta as limitações já citadas acima, estimamos em 20% a economia possível em refrigeração a custos de 40 a 60 US$/MWh, 10 a 20% de economia com equipamentos de ar condicionado mais eficientes a 40 a 80 US$/MWh e 20 a 30% com instalação e manutenção (incluindo controles e eficientização de sistemas) adequadas a um custo de 20 a 40 US$/MWh.

Aplicam-se as mesmas políticas de incentivo já citadas para outros usos da força motriz.

2.1.6. Outros equipamentos

O questionário usado no setor industrial pelo projeto Mercado de Eficiência Energética (PROCEL/GEF, 2005) considera como

Equipamentos de movimentação aqueles em que a principal função é somente transportar o material/produto de um lugar para outro (e.g. correia transportadora, guindaste, entre outros). Equipamentos de manuseio são aqueles cuja principal função é incorporar algo ao material/produto manuseado, sem alterar a forma primordial do produto/material (e.g. ensacadoras, empacotadoras, rotuladoras, engarrafadoras, entre outros). Equipamentos de tratamento são aqueles em que o produto/material sofre mudanças de algum tipo, seja na forma ou em alguma característica físico-química (e.g. agitadores, extrusoras, fresas, moinhos, teares, fiandeiras, entre outros).

A XEnergy considera apenas a distinção entre equipamentos de manuseio (*material handling*) e de processamento (*material process*). Como ainda temos poucos dados, não adianta desagregar a informação – parece-nos adequado dividir os equipamentos não classificados anteriormente em

- Equipamentos de manuseio, englobando os de movimentação, cuja função é transportar produtos ou materiais – correias transportadoras, pontes rolantes, elevadores, etc. e os que servem para tratá-lo, sem alteração na sua constituição, como ensacadoras, bobinadeiras, engarrafadoras, etc.
- Equipamentos de processamento, cuja função é modificar, de algum modo, o produto ou material processado.

Estes equipamentos, pela sua diversidade, não mereceram estudo específico, seja do Procel, XEnergy ou Nadel et alii. A eles, contudo, se aplicam as considerações feitas no início do item 2.1.5 quanto a MEE aplicáveis. Estimamos, portanto, em 5 a 10% a economia possível com equipamentos, sistemas e controles mais eficientes a um custo de 60 a 80 US$/MWh.

Aplicam-se as mesmas políticas de incentivo já citadas para outros usos da força motriz.

2.2. Calor de processo

Calor de processo na indústria é utilizado através da troca de calor com vapor d’água ou fluidos térmicos. Embora este uso final, principalmente o vapor, seja largamente empregado na indústria, a sua geração através de energia elétrica é pequena – é mais vantajoso, tanto do ponto de vista econômico como exergético, fazê-lo através de combustíveis como óleo combustível, gás natural, bagaço de cana, etc. Como mostra a Tabela 12, apenas 1% da energia elétrica na indústria é usada para gerar calor de processo.

Tabela 12 – Uso de calor de processo na indústria[8]

Calor de processo							
Setores Industriais	**Consumo GWh/ano**	**Destinação [%]**	**Energia final GWh/ano**	**Coef. Efic. Energ. [1]**	**Coef. Ref. [1]**	**En. útil GWh/a**	**Potencial GWh/a**
Cimento	3.754,0	-	-	0,940	0,950	-	-
Ferro-gusa e aço	16.889,0	2%	322	0,940	0,960	303	6,7
Ferro-ligas	7.659,0	-	-	0,940	0,950	-	-
Mineração e pelotização	9.292,0	2%	139	0,950	0,960	132	1,5
Não ferrosos	33.907,0	0,04%	12	0,950	0,960	11	0,1
Química	21.612,0	2%	402	0,970	0,980	390	4,1
Alimentos e bebidas	19.851,0	7%	1.410	0,970	0,980	1.368	14,4
Têxtil	7.776,0	-	-	0,970	0,980	-	-
Papel e celulose	14.098,0	3%	423	0,970	0,980	410	4,3
Cerâmica	3.050,0	-	-	0,940	0,950	-	-
Outros	34.173,0	2%	519	0,940	0,950	488	5,5
Total	**358.525**	**7%**	**3.228**	**0,961**	**0,972**	**3.103**	**36,6**

Fonte: EPE, a partir de BEN 2005, EPE, 2005 e BEU 2005, MME, 2005.

Este potencial corresponde a 0,2% da eletricidade consumida na indústria. O potencial de eficiência energética está subestimado, pois o BEU considera apenas a eficiência da caldeira em si, quando existem muitas outras oportunidades de uso mais eficiente: na distribuição do vapor, nos equipamentos de uso final, no tratamento d'água de caldeira e aproveitamento do condensado. De toda sorte, o potencial é bem pequeno quando comparado aos outros usos finais, pelo pouco uso da eletricidade para este fim.

Melhorias na eficiência no processo global podem então ser conseguidas por:

- Tratamento d' água: minimizando os depósitos nos tubos de água, que, além das implicações de segurança, acarretam sensíveis reduções de desempenho, que podem chegar a 20% (NOGUEIRA et alii, 2005, p. 152).

- Isolamento da caldeira: evitando perdas.

- Isolamento das linhas de vapor: através de inspeções e correções rotineiras.

- Manutenção dos purgadores: que podem representar uma perda sensível da carga térmica do vapor.

- Manutenção da eficiência no uso final: através da limpeza das superfícies de condensação, a adequada drenagem de condensado e retirada do ar (NOGUEIRA et alii, 2005, p. 154).

Como se vê, são medidas de baixo custo que podem ter boa repercussão na eficiência do sistema, representando economia de energia elétrica. Geller (1994, p. 144-5) considerou possível economizar 10% da energia elétrica usada em fornos e caldeiras, resultante apenas de modernização e instalação dos novos mais eficientes (com uma penetração de 67% até 2000 e 90% até 2010), a um custo de 11 US$/MWh. Considerando as demais medidas de eficientização, e na ausência de dados sobre o potencial já explorado, estimamos uma economia de 10 a 20%, a um custo nivelado de 30 a 60 US$/MWh.

8 [1] – adimensional.
A Tabela 12, bem como outras tabelas desta Nota Técnica, aproveita estrutura utilizada no BEU – Balanço de Energia Útil, cabendo as seguintes definições:
Energia total: refere-se ao total de energia consumida pelo setor. Para esta Nota Técnica, são considerados exclusivamente os valores relativos a eletricidade.
Destinação: parcela da energia total consumida no uso final em análise, ou razão entre energia final (ver a seguir) e energia total.
Energia final: energia total consumida no uso final, inclusive perdas.
Coeficiente de Eficiência Energética: rendimento médio apurado para o uso final, ou razão entre energia útil (ver a seguir) e energia final.
Coeficiente de Referência: indica máxima eficiência alcançável pelo uso final em análise, e serve para indicar potencial de economia estimado para o uso final.
Energia útil: energia consumida no uso final, excluindo perdas.

Assim como em força motriz, treinamento e conscientização são as políticas mais indicadas para incentivar as MEE citadas. Estas MEE podem também integrar contratos de *performance*, o que pode ser incentivado por um fortalecimento do mercado de ESCOs e leilões de eficiência energética.

2.3. Aquecimento direto

Fornos elétricos são utilizados na indústria quando são absolutamente indispensáveis: ou são processos específicos, como os fornos a arco, ou requer-se controle fino de temperatura, ou necessita-se de um aquecimento indireto e uniforme, como nos fornos de indução. Os grandes usos de eletricidade dão-se nos fornos a arco, no setor de ferro ligas e nos processos de obtenção dos metais não ferrosos, como mostra a Tabela 13.

Tabela 13 – Uso de aquecimento direto na indústria

Setores Industriais	En. total GWh/ano	Destinação [1]	En. Final GWh/ano	Coef. EE [1]	Coef. Ref. [1]	En. útil GWh/a	Potencial GWh/a
Cimento	3.754	-	-	0,550	0,550	-	-
Ferro-gusa e aço	16.889	5%	912	0,600	0,700	547	130
Ferro-ligas	7.659	97%	7.391	0,600	0,680	4.435	870
Mineração e Pelotização	9.292	4%	372	0,550	0,550	204	-
Não ferrosos	33.907	30%	10.338	0,550	0,700	5.686	2.215
Química	21.612	2%	402	0,690	0,750	277	32
Alimentos e bebidas	19.851	7%	1.420	0,650	0,700	923	101
Têxtil	7.776	-	-	0,550	0,550	-	-
Papel e celulose	14.098	-	-	0,550	0,550	-	-
Cerâmica	3.050	6%	195	0,580	0,620	113	13
Outros	34.173	19%	6.623	0,550	0,550	3.643	-
Total	**172.061**	**16%**	**27.653**	**0,572**	**0,652**	**15.828**	**3.361**

Fonte: EPE, a partir de BEN 2005, EPE, 2005 e BEU 2005, MME, 2005.

Melhoramentos têm sido obtidos em fornos elétricos refletindo-se na densidade de potência, dada em kW/m² de parede de forno (SOLERO, 2000). Por exemplo, fornos a resistores utilizam novas ligas metálicas, podendo atingir maiores temperaturas, melhor controle a partir de melhores sensores e alimentação por tiristores, resistores não metálicos especiais, melhor domínio do mecanismo de troca de calor entre resistores e carga. Fornos de indução melhoraram seu desempenho com uso de osciladores estáticos de freqüência a tiristor e conhecimento dos fenômenos eletromagnéticos e térmicos. Fornos a arco têm os fenômenos térmicos e elétricos do arco voltaico melhor conhecidos e com melhor controle, pela regulação eletrônica da posição dos eletrodos.

Além do uso de equipamentos mais eficientes (fornos contínuos, melhor circulação do ar, isolação mais eficiente, carga melhor distribuída), pode-se aumentar a eficiência energética no uso de fornos com melhoramento da isolação, sistemas de controle mais ajustados, melhor aproveitamento do forno com planejamento e controle da produção (PCP) - carregamentos mais próximos da carga nominal, menores intervalos entre bateladas, otimização do tempo no abrir e fechar portas.

Geller (1994, p. 144-5) considerou possível economizar 10% da energia elétrica usada em fornos e caldeiras (com uma penetração de 67% até 2000 e 90% até 2010) a um custo de 11 US$/MWh com equipamentos mais eficientes. Na falta de melhores dados deste potencial, e quanto já foi atingido, parece-nos razoável

considerar 5 a 10% de potencial a custos de 30 a 60 US$/MWh. Consideramos também mais 5% (2% nos setores mais intensivos) com a aplicação das outras medidas citadas, a um custo de 20 a 40 US$/MWh. Novamente, vale a pena ressaltar a necessidade de levantamentos de campo para a disponibilidade de dados mais consistentes. Maiores facilidades de financiamento para medidas de eficiência energética pode ser a política mais indicada para melhorar o uso da eletricidade em aquecimento direto.

2.4. Iluminação

A iluminação artificial é responsável por 17% do consumo final de energia elétrica no Brasil, conforme mostra a Tabela 14, que combina dados do BEN (EPE, 2005) com dados do BEU (MME, 2005).

Tabela 14 – Uso de iluminação no Brasil

Setores	En. total	Destinação	En. Final	Coef. EE	Coef. Ref.	En. útil	Potencial
	GWh/a	[1]	GWh/a	[1]	[1]	GWh/a	GWh/a
Setor Energético	12.818,0	0,068	871,6	0,245	0,290	213,5	135,3
Setor Residencial	78.577,0	0,240	18.858,5	0,090	0,172	1.697,3	8.990,7
Setor Comercial	50.082,0	0,418	20.949,8	0,240	0,280	5.028,0	2.992,8
Setor Público	30.092,0	0,497	14.961,7	0,250	0,300	3.740,4	2.493,6
Setor Agropecuário	14.895,0	0,037	551,1	0,090	0,172	49,6	262,7
Setor de Transportes	1.039,0	0,000	0,0	-	-	0,0	0,0
Setor Industrial	172.061,0	0,021	3.594,4	0,243	0,286	873,6	540,6
Total	**359.564,0**	**0,166**	**59.787,2**	**0,194**	**0,261**	**11.602,4**	**15.415,7**

Fonte: EPE, a partir de dados do BEN 2005, EPE, 2005, e BEU 2005, MME, 2005.

Observando-se somente o setor secundário, os números estão na Tabela 15.

Tabela 15 – Uso de iluminação na indústria brasileira

Setor industrial	En. total	Destinacção	En. Final	Coef. EE	Coef. Ref.	En. útil	Potencial
	GWh/a	[1]	GWh/a	[1]	[1]	GWh/a	GWh/a
Cimento	3.754,0	0,013	46,9	0,245	0,290	11,5	7,3
Ferro-gusa e aço	16.889,0	0,036	606,0	0,245	0,290	148,5	94,0
Ferro-ligas	7.659,0	0,004	31,4	0,240	0,280	7,5	4,5
Mineração e pelotização	9.292,0	0,020	188,2	0,245	0,290	46,1	29,2
Não ferrosos	33.907,0	0,002	55,9	0,245	0,290	13,7	8,7
Química	21.612,0	0,026	556,7	0,240	0,280	133,6	79,5
Alimentos e bebidas	19.851,0	0,046	909,8	0,240	0,280	218,4	130,0
Têxtil	7.776,0	0,020	155,5	0,240	0,280	37,3	22,2
Papel e celulose	14.098,0	0,016	228,7	0,245	0,290	56,0	35,5
Cerâmica	3.050,0	0,036	109,8	0,240	0,280	26,4	15,7
Outros	34.173,0	0,075	2.556,1	0,240	0,280	613,5	365,2
Total	**172.061,0**	**0,032**	**5.445,1**	**0,241**	**0,282**	**1.312,5**	**791,7**
Na indústria			3%			24%	14,5%

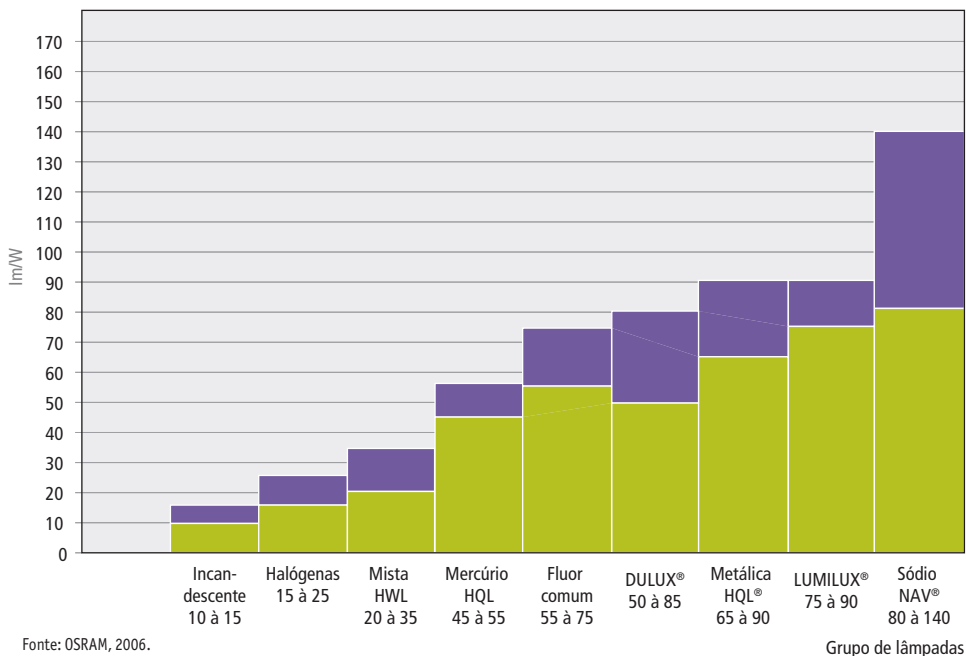
Fonte: EPE, a partir de dados do BEN 2005, EPE, 2005, e BEU 2005, MME, 2005.

Como se vê, o potencial técnico de conservação é grande[9], embora apenas uma pequena parte esteja na indústria, onde o uso tem uma importância relativa reduzida. As técnicas de iluminação têm sofrido um progresso acelerado em termos de eficiência energética nas últimas décadas, não só em termos de lâmpadas

9 Equivalente a uma usina hidrelétrica de mais de 3 mil MW, como as previstas para o rio Madeira, por exemplo. Porém, apenas 4% estão na indústria.

mais eficientes, como em reatores, luminárias e controles. A Figura 5 indica as faixas de eficiência (em vermelho – lumens por watt) das lâmpadas mais usadas.

Figura 5 – Eficiência de lâmpadas

Fonte: OSRAM, 2006.

Maior eficiência energética em iluminação pode ser conseguida através de:

- Iluminação natural: O Brasil possui uma das abóbadas celestes mais claras do mundo, com baixa nebulosidade em muitos pontos de seu território (RODRIGUES, 2000). Aproveitar bem a iluminação natural é um princípio que deve nortear cada processo de eficientização de iluminação.

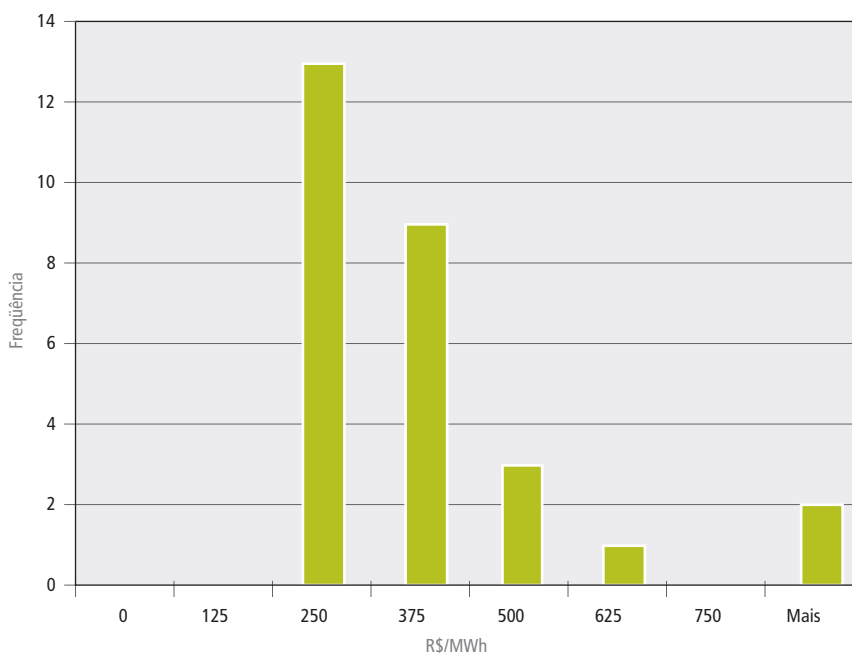
- Controle do acendimento: Em muitas instalações, o comando das lâmpadas é feito pelo disjuntor de proteção do circuito – é comum, assim, haver um pequeno ponto de trabalho sendo usado com uma imensa área acesa. Hoje existem vários dispositivos – sensores de presença, *timers*, etc. – que podem promover um uso racional da iluminação artificial.

- Uso de lâmpadas, reatores e luminárias eficientes: este é o processo mais conhecido e empregado de eficientização, que consiste na troca por equipamentos (*retrofit*) que proporcionarão o mesmo ou maior índice luminotécnico, com menor gasto de energia elétrica.

Na indústria, o uso de iluminação natural pode ser melhor explorado – à época do racionamento, muitas indústrias instalaram telhas translúcidas ou apenas as lavaram, ganhando em economia pela iluminação artificial. Um problema desta técnica é o aumento da carga térmica do galpão, o que pode ser um sério problema em alguns casos. Combinar iluminação geral de áreas com iluminação localizada pode representar bons ganhos. A manutenção periódica na indústria, principalmente em galpões com altos pés-direitos, com a reposição de lâmpadas, reatores e acessórios e a limpeza dos refletores, tem em geral bom potencial. Porém, a MEE

mais utilizada é a substituição de componentes, já que ainda se utilizam muitas lâmpadas mistas e a vapor de mercúrio que têm em geral viabilidade para serem trocadas por lâmpadas a vapor metálico de menor potência, com manutenção e até aumento do nível de iluminamento e qualidade da iluminação.

Goldman e Kito (1995, p. 13) avaliaram projetos de *demand-side bidding* (DSB) realizados nos EUA, apurando que, nos projetos de iluminação, os recursos totais empregados foram de 61 US$/MWh nos programas de DSB em média e 56 US$/MWh nos de DSM (*demand-side management*). Lourenço da Silva (2006), estudando as MEE em iluminação pública no Brasil, apurou um total de 1.322 GWh/ano economizados em 27 estados da federação, com um custo médio de 240 R$/MWh – é preciso notar que estas medidas devem ser mais onerosas que as da indústria, tendo em vista a conservação e a necessidade de troca de mais elementos (relé fotoelétrico, braço, fiação, além da maior logística de acesso), embora se usem lâmpadas a vapor de sódio, em geral não aplicáveis na indústria. O histograma dos custos médios por estado está na Figura 6.

Figura 6 – Histograma do custo da energia economizada em IP

Fonte: EPE, a partir de Silva, 2006.

Considerando algumas trocas típicas na indústria (Tabela 16[10]), os custos típicos parecem variar entre 20 e 80 US$/MWh com economia de 40%. A tabela simula troca em operação, com o custo total da troca, ou ao fim da vida útil, quando o custo é apenas o diferencial entre as duas medidas.

10 As trocas reais devem ser estudadas caso a caso, estes são apenas casos ilustrativos, supondo-se troca de lâmpadas não necessariamente com o mesmo fluxo luminoso e sem considerações sobre outros fatores – luminárias, acessórios, etc. Supôs-se uma tarifa de 203 R$/MWh, taxa de desconto de 10% aa.

Tabela 16 – Trocas típicas na indústria

Configuração atual		Configuração proposta		Funcionamento	US$/MWh	
					Operação	Fim vida útil
Mista	250 W	Vapor Metálico	150 W	24 h/dia	35,39	21,23
Mista	250 W	Vapor Metálico	150 W	12 h/dia	39,23	23,54
Mista	250 W	Vapor Metálico	150 W	8 h/dia	43,33	26,00
Vapor Mercúrio	250 W	Vapor Metálico	150 W	24 h/dia	78,54	47,13
Vapor Mercúrio	250 W	Vapor Metálico	150 W	12 h/dia	82,40	49,44
Vapor Mercúrio	250 W	Vapor Metálico	150 W	8 h/dia	86,37	51,82

Haverá ainda MEE com custos menores – uso de iluminação natural, divisão de circuitos, troca de lâmpadas incandescentes, e o limite superior se deve ao custo da energia elétrica.

Lâmpadas e acessórios mais eficientes podem ser obtidos com programas de etiquetagem e padronização de desempenho energético. As MEE podem integrar contratos de *performance* energética, o que pode ser fortalecido com incentivo ao mercado de ESCOs e leilões de eficiência energética. Conscientização e treinamento podem mudar hábitos importantes e incentivar o uso de lâmpadas e acessórios eficientes.

Cabe destacar que a substituição de equipamentos de iluminação deve considerar o índice de reprodução de cores dos equipamentos utilizados, garantindo a adequação dos novos equipamentos às necessidades de utilização dos ambientes iluminados. Nas proposições apresentadas na Tabela 16, o índice de reprodução de cor das lâmpadas a vapor metálico (proposto) é superior ao dos sistemas existentes, não sendo comprometida portanto a funcionalidade do sistema de iluminação.

2.5. Eletroquímica

Processos eletroquímicos ocorrem basicamente em 3 setores industriais[11]: não ferrosos, na redução do alumínio e purificação do cobre; química, na produção de soda-cloro; ferro-gusa e aço, no tratamento de superfícies de aço por galvanoplastia (BEU 2005 – MME, 2005, p. 37). A Tabela 17 resume os dados combinados do BEN (EPE, 2005) e BEU (MME, 2005).

Tabela 17 – Eletroquímica na indústria brasileira

Setores	En. Final	Destinação	Final	Coef. EE	Coef. Ref.	En. útil	Potencial
	GWh/ano	[1]	GWh/ano	[1]	[1]	GWh/a	GWh/a
Cimento	3.754,0	-	-	-	-	-	-
Ferro-gusa e aço	16.889,0	0,056	938,6	0,570	0,590	535,0	31,8
Ferro-ligas	7.659,0	-	-	-	-	-	-
Mineração e pelotização	9.292,0	-	-	-	-	-	-
Não ferrosos	33.907,0	0,389	13.196,6	0,535	0,635	7.060,2	2.078,2
Química	21.612,0	0,174	3.752,8	0,580	0,620	2.176,6	242,1
Alimentos e bebidas	19.851,0	0,004	69,5	-	-	-	69,5
Têxtil	7.776,0	-	-	-	-	-	-
Papel e celulose	14.098,0	-	-	-	-	-	-
Cerâmica	3.050,0	-	-	-	-	-	-
Outros	34.173,0	-	-	0,570	0,590	-	-
Total indústria	**172.061,0**	**0,104**	**17.957,5**	**0,544**	**0,629**	**9.771,8**	**2.421,6**
Na indústria			10%			54%	13,5%

Fonte: EPE, a partir de dados do BEN 2005, EPE, 2005 e BEU 2005, MME, 2005.

11 O BEU (MME, 2005) fala ainda de galvanoplastia no setor "Outras Indústrias", mas as tabelas indicam coeficiente de destinação não nulo no setor de Alimentos e Bebidas – como, de toda forma, os valores são pequenos, não se considerou este uso neste trabalho.

2.5.1. Alumínio

Na indústria de alumínio, a eletrólise é usada para redução do óxido para metal:

Basicamente, são necessárias cerca de quatro toneladas de bauxita para produzir duas toneladas de alumina e duas toneladas de alumina para produzir uma tonelada de alumínio através do processo de redução. No processo de eletrólise, para obtenção do alumínio, a alumina é carregada de forma controlada, em um eletrólito fundido, formado por sais de criolita e fluoreto de alumínio. A passagem de corrente elétrica na célula eletrolítica promove a redução da alumina, decantando o alumínio metálico no fundo da célula e o oxigênio liberado reage com o ânodo de carbono, formando dióxido de carbono (ABAL, 2006).

A reação segue a equação: $2Al_2O_3 + 3C \dashrightarrow 4Al + 3CO_2$, que se dá com a passagem de uma forte corrente elétrica, contínua e de baixa tensão, e aquecimento. Hoje, há dois processos básicos para a redução do alumínio: a da pasta Södeberg, como na Figura 7, e a dos ânodos pré-cozidos, mais eficiente no uso da energia, cujo esquema está na Figura 8. Os ânodos pré-cozidos são feitos separadamente, usando partículas de coque e piche e cozidas em forno – durante o processo são consumidas e têm que ser trocadas. O ânodo Söderberg é cozido pelo próprio aquecimento da célula eletrolítica e é continuamente consumido no processo (IAI, 2006).

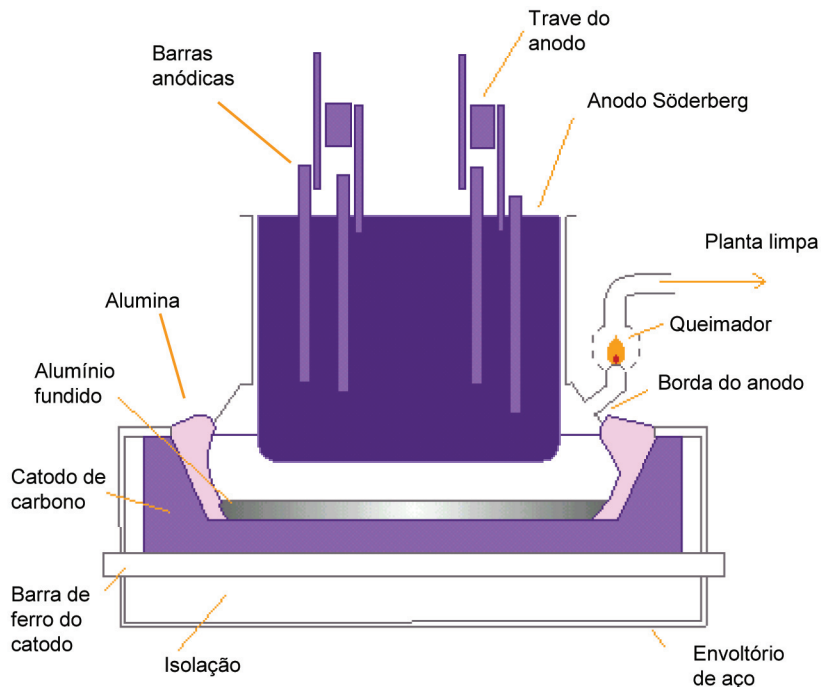
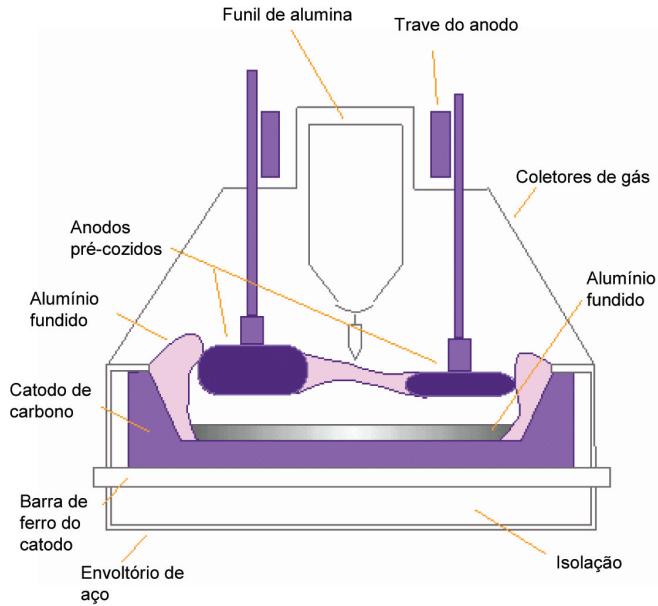
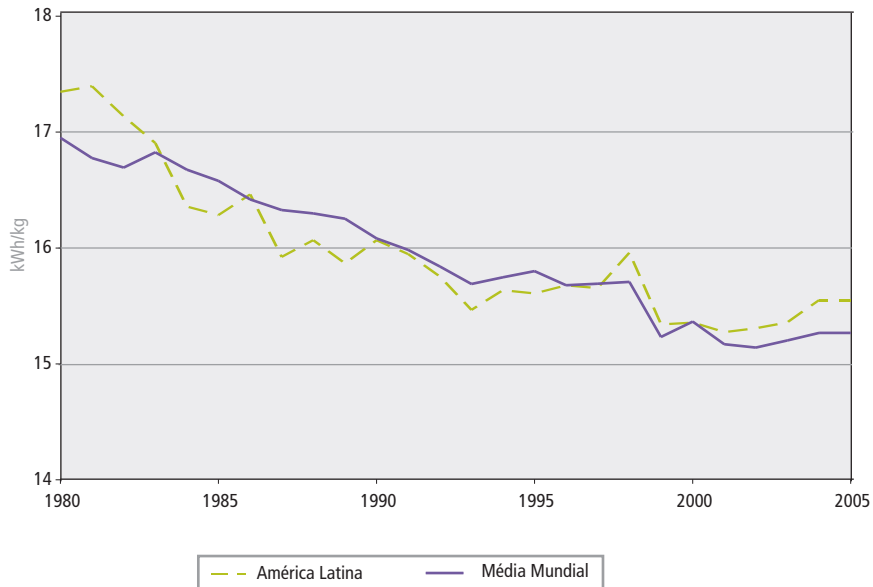
Figura 7 – Redução do alumínio pelo processo Södeberg

Fonte: International Aluminum Institute, 2006.

Figura 8 – Redução de alumínio por ânodos pré-cozidos

Funil de alumina
Trave do anodo
Coletores de gás
Anodos pré-cozidos
Alumínio fundido
Alumínio fundido
Catodo de carbono
Barra de ferro do catodo
Envoltório de aço
Isolação

Fonte: International Aluminum Institute, 2006.

A eficiência do processo[12] vem aumentando ao longo do tempo, como mostra a Figura 9.

Figura 9 – Evolução da intensidade energética na produção de alumínio

Fonte: IAI, 2006.

12 A energia usada na produção de alumínio primário inclui a usada na eletrólise pelo processo Hass-Hércult (inclusive a retificação de CA para CC) e equipamentos auxiliares (incluindo controle da poluição) até o ponto onde o alumínio líquido é escoado das cubas. Exclui fundição e plantas de carbono (IAI, 2006).

Tolmasquim e Szklo (2000, p. 189) citam, com dados do BNDES de 1993, consumos específicos de 16,1 kWh/kg para o processo Söderberg e 14,1 para ânodos pré-cozidos (APC). A IEA (2006, p. 428-429) indica uma faixa de 14,0 a 16,5 MWh/ton para APC e 15 a 18 MWh/ton para Söderberg, estimando em 20% a diferença entre os melhores e piores processos, atribuída a diferenças no tipo e tamanho das células, geralmente relacionadas à sua idade. Diz ainda (IEA, 2006, p. 430) que *"a indústria planeja aperfeiçoar ou trocar as fundições existentes visando reduzir o consumo de energia a 13 MWh/ton a curto prazo, e depois para 11 MWh/ton, o que será feito a partir do uso de cátodos e ânodos inertes. A longo prazo, o processo de eletrólise usando cloreto de alumínio ou processos carbotérmicos podem vir a ser a forma mais eficiente no uso da energia de produzir alumínio primário"*.

As mais novas plantas de alumínio primário usam uma variação da tecnologia de ânodos pré-cozidos chamada *Centre Worked Pre-bake Technology* (CWPB). Esta tecnologia usa múltiplos pontos de alimentação e outros controles computadorizados para uma alimentação precisa da alumina. Uma característica chave das plantas de CWPB é o enclausuramento do processo. As emissões fugitivas dessas células são muito baixas, menos que 2% das emissões geradas. O saldo das emissões é coletado na própria célula e arrastado por um sistema muito eficiente de arraste, que remove partículas e gases. O processo é controlado por computador até os mínimos detalhes, ou seja, a ocorrência do efeito ânodo – condição que causa produção de pequenas quantidades de perfluorcarbonos (PFCs) – é minimizada. Todas as novas plantas e a maioria das expansões são baseadas na tecnologia pré-cozida (IAI, 2006), atingindo 83% da produção dos membros do IAI em 1997.

Geller (1994, p. 145) estimou em 7% a economia possível em eletrólise para metais não ferrosos, com um custo de 16 US$/MWh. Considerando a evolução das técnicas descritas acima, estima-se uma economia de 3 a 5% com um custo de 30 a 60 US$/MWh.

■ 2.5.2. Cobre

A eletrólise é a etapa final do processo de purificação do cobre, que atinge graus de pureza de 99,9% (ANDRADE et alii, 2001). Há um processo convencional de extração do cobre, dito pirometalúrgico, por fundição. Neste processo, o cobre é minerado, triturado, moído, fundido e refinado (DRESHER, 2001). Este processo é aplicado aos minerais que contêm enxofre. Em meados da década de 80, uma técnica conhecida como *leach-solvent extraction-electrowinning (SX/EW)*, começou a ser largamente usada no aproveitamento de minérios oxidados e rejeitos de minas, constituindo hoje 20% do cobre produzido no mundo, 40% na América Latina. Esta técnica utiliza o ácido sulfúrico produzido no processo convencional de fundição, sendo considerada um complemento da técnica convencional. Uma outra técnica vem sendo utilizada, conhecida como biolixiviação, que utiliza bactérias para oxidar sulfuretos, em complementação ao processo SX/EW.

A eletrólise usada nos dois processos é diferente, já que no processo SX/EW o cobre tem que ser reduzido a metal, enquanto na eletrólise tradicional ele só é transportado para o cátodo, sendo neste processo purificado. A primeira consome 8 MJ/kg enquanto a segunda 1,5 MJ/kg. Em compensação, os processos anteriores de mineração, trituração e moagem consomem muita energia – ao todo o processo tradicional demanda 65 MJ/kg, enquanto o SX/EW apenas 15 a 36 MJ/kg (DRESHER, 2001). Há perspectivas de redução de 40% da energia consumida na eletrólise do processo SX/EW pela modificação da reação catódica.

Segundo Bravo (2006), a eficiência de corrente do processo eletrolítico é a razão entre a massa de cobre obtida e a teórica, calculada pela lei de Faraday, segundo a Equação 1.

Equação 1

$$m_{Cu} = I.c_{cu}.t$$

m_{Cu}	massa de cobre teórica	kg
I	corrente do processo	kA
c_{Cu}	coeficiente eletroquímico do cobre = 1,185	kg/(kA x h)
t	tempo de operação	h

A eficiência da corrente pode atingir 98%. O processo mais eficiente é com catodos permanentes em aço inox, onde o cobre agregado é posteriormente retirado. Este processo permite densidades de corrente mais elevadas, já tendo atingido 340 A/m^2. O processo tradicional usa chapas de partida de cobre, onde se agrega o "novo" cobre – neste tipo de processo, pode ocorrer curto-circuito entre os eletrodos, ou deterioração da qualidade do depósito de cobre, devido à aproximação do catodo com o anodo, pela falta de verticalidade. A eficiência varia também com a conservação da planta, a qualidade, temperatura e vazão do eletrólito e a aditivação do banho eletrolítico. No Brasil, conseguem-se eficiências de 94,5% (a uma densidade de 280 A/m^2), acima da média mundial para o mesmo tipo de processo. Uma maior eficiência consegue-se reduzindo as resistências elétricas e fugas de corrente (BRAVO, 2006).

Com a falta de maiores dados, supõem-se os números de economia assumidos para o alumínio.

■ 2.5.3. Soda-cloro

O setor de soda-cloro responde por 4,1 TWh/ano ou 469 MW médios no Brasil (dados de 2005 – EPE, 2005).

Existem 3 tipos de decomposição do cloreto de sódio (NaCl) para obtenção do ácido clorídrio (HCl) e soda cáustica (NaOH):

- Eletrólise com célula de amálgama de mercúrio;
- Eletrólise com célula de diafragma;
- Eletrólise com célula de membrana.

A eletrólise de amálgama de mercúrio foi o primeiro método utilizado para produzir cloro em escala industrial (WIKIPÉDIA, 2006). É o processo menos eficiente, além de ter impacto ambiental alto, pela perda de metal pesado (mercúrio), o que está motivando sua gradual substituição – hoje, responde por menos de 20% da produção mundial de cloro.

O segundo método, a célula de diafragma, utiliza fibras de asbesto, o que o torna também não desejável do ponto de vista ambiental, já que o produto é cancerígeno. Existe um novo diafragma da Eltech, totalmente sintético, à base de zircônio e PTFE (Teflon), denominado Polyramix (Química e Derivados, 200-). Este processo é mais eficiente que o primeiro, porém a soda produzida é menos pura. É indicada para indústrias que operam a partir de minas de salgema.

A célula de membrana é a única sem restrição ambiental e a mais eficiente. Estima-se uma produção mundial de aproximadamente 30% deste elemento. Este método é similar ao método que se emprega na célula de

diafragma. O diafragma é substituído por uma membrana sintética seletiva que deixa passar ions Na+, porém não permite a passagem de íons OH- o Cl-.

Em termos de consumo de eletricidade, os dados estão na Tabela 18 (a energia elétrica responde por cerca de 35-40% dos custos fixos e 75-85% dos custos variáveis de produção de soda-cloro).

Tabela 18 – Consumo de eletricidade em eletrólise de soda-cloro

Tipo de célula	Consumo (kWh/ton)	Produção Brasil (2004)
Mercúrio	3.710	23%
Diafragma	2.890	72%
Membrana	2.590	5%

Fonte: EPE, 2006.

Geller (1994, p. 145) estimou o potencial de economia de energia em células eletrolíticas de soda-cloro em 10%, com um custo associado de 16 US$/MWh. Tendo em vista as limitações descritas nos outros itens, supõe-se uma redução de consumo de 5 a 10% a um custo de 30 a 60 US$/MWh.

2.6. Gerenciamento energético

Além das medidas tecnológicas descritas acima, há atividades de gestão da energia que podem agregar maiores economias ao seu uso final, mas servem principalmente para garantir que as medidas implementadas tenham resultado efetivo e perdurem ao longo de sua vida útil.

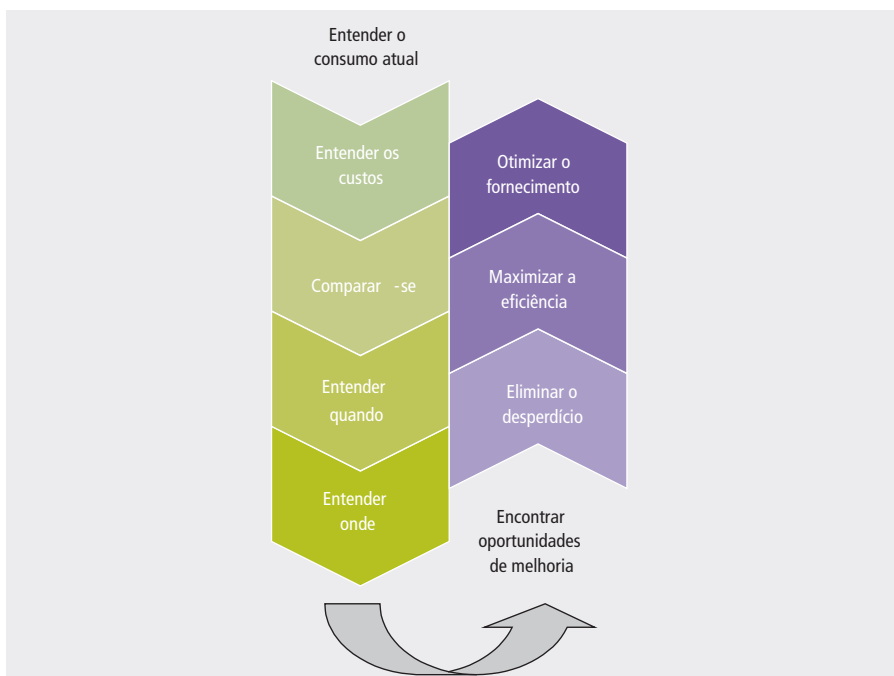
Existem várias maneiras de fazer o gerenciamento energético em uma empresa. O Procel, em convênio com a Efficientia/Fupai e apoio do PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento) lançou um guia técnico intitulado "Gestão Energética", que prega exatamente que "a implantação de um Programa de Gestão Energética (PGE) deve ser a primeira iniciativa ou ação visando a redução de custos com energia em uma empresa" (ELETROBRAS e FUPAI/EFFICIENTIA, 2005, p. 15). Existe uma técnica adotada em vários países[13], denominada PCE – Planejamento Corporativo de Energia[14], divulgada no Brasil pelo Programa Gerbi[15] - esta técnica dispõe de várias ferramentas no sentido de implantar a gestão energética em uma empresa, integrando as dimensões tecnológica, organizacional e comportamental (GERBI, 2003).

Na dimensão organizacional, o objetivo é integrar a gestão energética ao dia-a-dia da empresa, tornando-a uma tarefa usual como a administração de materiais e pessoal o é em muitas organizações. A definição clara de uma equipe responsável e suas atribuições, o envolvimento da alta diretoria, a inserção da atividade na cultura própria da empresa, a definição de uma política energética, são tarefas relacionadas à integração desta dimensão à gestão energética. O Procel/Fupai considera a formação de uma CICE - Comissão Interna de Conservação de Energia, como já instituído na administração pública federal, para o gerenciamento da energia.

Na dimensão comportamental, o foco abordado pelo Gerbi refere-se ao treinamento e conscientização do pessoal, destacando especial importância à comunicação dos resultados obtidos com o programa de gestão energética. Também o Procel/Fupai destina um capítulo à comunicação do programa e à importância do treinamento e conscientização.

13 Ver, entre outros: http://www.empinstitute.org; http://www.aeecenter.org/realtime/sep; http://www.cietcanada.com; http://knowenergy.com/
14 EMP – Energy Master Planning, no original inglês.
15 Redução de Emissões de Gases do Efeito Estufa na Indústria Brasileira, programa cujas fases I e II são uma iniciativa do governo canadense, administradas pela Agência Canadense de Desenvolvimento Internacional (CIDA) – http://www.programagerbi.com.br/ .

Um aspecto interessante da técnica PCE é a concepção de várias ferramentas que podem auxiliar na implantação e consolidação do programa – a matriz de gerenciamento energético, por exemplo, ajuda no diagnóstico do atual estágio de gerência energética da empresa e quais passos empreender; a matriz de treinamento também o faz quanto ao programa de treinamento e conscientização; os 7 Passos para a Eficiência Energética estabelece um método racional e progressivo para otimizar as ações de eficiência energética na empresa, partindo do conhecimento de seus custos, e otimizando do uso final ao ponto de suprimento, para então prover ótimas soluções de suprimento, como está esquematizado na Figura 10: primeiro entender o consumo atual para então encontrar as oportunidades de melhoria. Outra ferramenta disponibilizada é o MT&R (*monitoring, targeting and reporting*), que permite a incorporação sistemática das melhores práticas de operação aos sistemas produtivos da empresa, seja um equipamento específico, como uma caldeira, um processo, como o tratamento d'água, ou um departamento, reunindo vários processos. Considera também como otimizar as oportunidades de financiamento de melhorias.

Figura 10 – 7 Passos para a eficiência energética

Fonte: GERBI, 2003.

Embora a gestão energética englobe todas as ações para otimizar e reduzir os custos com energia, incluindo o uso de equipamentos mais eficientes como abordado nos itens 2.1 a 2.5, ela requer alguns investimentos (como treinamento e comunicação), bem como traz algumas economias adicionais, como as conseguidas com a implantação da técnica de MT&R. Portanto, faz sentido considerarem-se investimentos e economias adicionais com as técnicas de gestão energética, lembrando que na verdade elas estão integradas com as outras ações de eficientização e que seu maior benefício é justamente na consolidação das economias

obtidas ao longo do tempo. Somente uma boa gestão energética permite que MEE tenham reconhecido seu valor e induzam a mais e mais ações, e não seja considerada a medição do resultado de uma medida como uma tarefa de "pesar sapos", numa extremamente infeliz alocução proferida no debate havido sobre Eficiência Energética no PNE 2030, no MME.

Difícil é estimarem-se estes valores, pois aparecem na literatura conjugado com outras medidas. Diz o Gerbi: "algumas organizações economizaram 20 a 40% de seus custos com energia através da gestão energética – por que isto não acontece em toda parte?" (GERBI, 2003). Considerando os potenciais possíveis com as outras medidas, parece razoável supor os números da Tabela 19 para a gestão energética, destacando mais uma vez a importância de estudos de campo que corroborem ou não estas estimativas.

Tabela 19 – Economia e custos de gestão energética

Potencial	Economia	Custo nivelado (US$/MWh)
Técnico	10%	
Econômico	5%	30 a 40
Mercado	3%	40 a 50

Fonte: EPE.

Gerenciamento é uma medida típica para incentivo através de conscientização e treinamento. No entanto, um contrato de *performance* amplo pode conter em seu bojo espaço para a gestão energética, o que deve ser sempre incentivado para manutenção das medidas implementadas.

3. Setores comercial e público

A caracterização do consumo de energia elétrica nos setores comercial e público, feita pela conjugação dos dados do BEN 2005 (EPE, 2005) e BEU 2005 (MME, 2005), está na Tabela 20.

Tabela 20 – Uso da eletricidade nos setores comercial e público

	F.M.	C.P.	A.D.	Refrig.	Ilumin.	Outras	Total
Coeficientes de destinação							
Setor Comercial	0,146	0,006	0,078	0,333	0,418	0,019	1,000
Setor Público	0,279	0,003	0,022	0,180	0,497	0,020	1,000
Total	**0,196**	**0,004**	**0,057**	**0,276**	**0,448**	**0,019**	**1,000**
Distribuição da energia final							
	F.M.	**C.P.**	**A.D.**	**Refrig.**	**Ilumin.**	**Outras**	**Total**
Setor Comercial	7.308	285	3.903	16.681	20.950	955	50.082
Setor Público	8.389	75	647	5.418	14.962	602	30.092
Total	**15.697**	**361**	**4.550**	**22.098**	**35.912**	**1.557**	**80.174**
Coeficientes de eficiência energética							
	F.M.	**C.P.**	**A.D.**	**Refrig.**	**Ilumin.**	**Outras**	**Total**
Setor Comercial	0,890	1,000	0,550	0,750	0,240	1,000	0,548
Setor Público	0,890	1,000	0,550	0,650	0,250	1,000	0,524
Total	**0,890**	**1,000**	**0,550**	**0,725**	**0,244**	**1,000**	**0,539**
Coeficientes de eficiência de referência							
	F.M.	**C.P.**	**A.D.**	**Refrig.**	**Ilumin.**	**Outras**	**Total**
Setor Comercial	0,910	1,000	0,550	0,800	0,280	1,000	0,598
Setor Público	0,910	1,000	0,550	0,750	0,300	1,000	0,590
Total	**0,910**	**1,000**	**0,550**	**0,788**	**0,288**	**1,000**	**0,595**
Distribuição de energia útil							
	F.M.	**C.P.**	**A.D.**	**Refrig.**	**Ilumin.**	**Outras**	**Total**
Setor Comercial	6.504	285	2.147	12.511	5.028	955	27.430
Setor Público	7.466	75	356	3.521	3.740	602	15.761
Total	**13.970**	**361**	**2.502**	**16.032**	**8.768**	**1.557**	**43.190**
Potencial de economia de energia							
	F.M.	**C.P.**	**A.D.**	**Refrig.**	**Ilumin.**	**Outras**	**Total**
Setor Comercial	161			1.043	2.993		4.196
Setor Público	184			722	2.494		3.400
Total	**345**			**1.765**	**5.486**		**7.596**
Economia %	2,2%			8,0%	15,3%		9,5%

Legenda: F.M.: Força motriz; C.P.: Calor de processo; A.D.: Aquecimento direto; Refrig.: Refrigeração; Ilumin.: Iluminação.
Fonte: BEN 2005, EPE, 2005, e BEU 2005, MME, 2005.

Segundo Azevedo et alii (2001), o setor comercial é composto das seguintes sub-classes, com as respectivas participações no consumo de eletricidade:

Tabela 21 – Composição do setor comercial e participação no consumo de eletricidade

Setor	Participação no consumo de eletricidade (%)
Outros (portos, hospitais, etc.)	26,4
Varejo	22,4
Hotéis e Restaurantes	13,4
Prédios Comerciais	12,4
Entidades Financeiras	12,2
Comunicações	5,6
Comércio atacadista	4,0
Transportes	3,6
Total	**100,0**

Fonte: Azevedo et alii, 2001.

A variedade de consumidores é muito grande, o que se reflete no maior percentual de "outros". Na classe de "varejo", destacam-se os *shopping centers* (cerca de 17%), cujo consumo vem crescendo a uma taxa de 20% ao ano, e supermercados. Os autores citam uma pesquisa do Procel que aponta, nos *shopping centers*, 49% para a iluminação, 34% para condicionamento ambiental, 6% para refrigeração, 6% para cocção e 5% para outros usos. Afirmam também que o crescimento acelerado deste tipo de comércio está provocando um elevado aumento do consumo de eletricidade no setor comercial. Por outro lado, este empreendimento é ideal para implantação de cogeração, com o condicionamento ambiental em ciclo de absorção e sistemas de termoacumulação para redução de demanda na ponta.

Também no setor de supermercados, a tendência é a substituição de pequenas por grandes unidades, mais intensivas no uso de condicionamento ambiental e iluminação.

Em relação aos prédios comerciais, a diversidade no uso da energia elétrica é grande, variando com o projeto arquitetônico, a utilização do prédio, os equipamentos instalados, a faixa econômica dos usuários e o clima da região. O consumo médio está em torno de 18 kWh/m^2/mês.

Nos hotéis, o uso varia segunda a classificação: enquanto os 2 estrelas, representando 42% do total em 1996, consomem principalmente iluminação, ar condicionado e aquecimento d'água (boiler e chuveiros), os de 4 e 5 estrelas têm uma maior diversidade. O consumo médio está na faixa de 15 kWh/m^2.

O Setor Público engloba as entidades do poder público e os serviços de utilidade pública (TOLMASQUIM e SZKLO, 2000, p. 328). O poder público é composto pelas Forças Armadas, escolas e hospitais da rede oficial e órgãos da administração pública, nos diversos níveis governamentais. Entre os serviços de utilidade pública destacam-se, quanto ao consumo de eletricidade, os prestados pelas empresas de água e saneamento e a iluminação pública.

Como uso final, portanto, destacam-se a iluminação, responsável por quase metade do consumo de eletricidade, a força motriz, principalmente em bombeamento nas empresas de água e saneamento, e a refrigeração, com condicionamento ambiental, principalmente.

3.1. Força motriz

Nos setores comercial e público, considerando que os serviços de ar condicionado e refrigeração estão sob a rubrica "refrigeração", o uso de força motriz se dá principalmente pelo bombeamento nos serviços de água e saneamento, transporte vertical nos prédios, compressores de ar e máquinas específicas nas pequenas empresas comerciais (oficinas, padarias, postos de combustível, etc.). Não estão disponíveis dados mais específicos sobre a participação de cada um destes consumos, nem suas características de uso (dados dos motores, carregamento, tempo de operação). Ressalte-se a importância do setor de saneamento, onde grandes economias nos sistemas de bombeamento podem ser exploradas.

De uma maneira geral, porém, aplica-se o que foi dito para o setor industrial no uso da força motriz, lembrando que em geral aqui são utilizados menores motores, de uso menos contínuo e, em geral, com menor carregamento (exceção feita às empresas de água e saneamento). Observe-se também que aqui é maior, em geral, a tarifa paga pela energia elétrica, o que tende a ampliar o potencial de mercado e a atratividade dos investimentos em eficiência energética.

No caso do sobredimensionamento dos motores, pode-se considerar o mesmo potencial de 1% de economia com custo zero, já que a diferença pequena de preços entre potências vizinhas é mais um fator a contri-

buir para o dimensionamento a maior do motor.

O uso de AVAs (acionadores de velocidade ajustável) terá boa entrada no caso do bombeamento, principalmente em bombas centrífugas, como já comentado. Na falta de melhores dados, pode-se repetir a estimativa de economia e custo. O mesmo se aplica a compressores de ar, sistemas de refrigeração e outros equipamentos. As medidas de incentivo são basicamente as mesmas.

Inclui-se nos sistemas de refrigeração o uso de força motriz para condicionamento ambiental, que nestes setores representa um grande potencial de uso mais eficiente de energia elétrica.

3.2. Calor de processo

É muito pequena a geração de vapor por eletricidade – algumas pequenas caldeiras em hospitais, hotéis e lavanderias. No entanto, aplicam-se os valores comentados no setor industrial ao uso do vapor nos setores comercial e público, assim como as medidas de incentivo. Inclui-se também como “calor de processo” o uso de eletricidade para aquecimento de água, como piscinas, em clubes e academias e chuveiros elétricos e *boilers*, em hospitais, hotéis e motéis. O aquecimento de piscinas, onde feito por aquecedores de passagem ou *boilers* a resistência, pode ser eficientizado por uso de bombas de calor. Outra medida de uso racional de energia é a substituição do energético de eletricidade para aquecimento solar ou gás natural, onde disponível.

No item 4.4 algumas medidas de uso mais eficiente de energia para aquecimento de água serão detalhadamente descritas para o setor residencial, aplicando-se também aos setores comercial e público.

3.3. Aquecimento direto

Também é reduzida a participação do aquecimento direto por eletricidade nos setores comercial e público: fornos em algumas atividades, como padarias, secadores de roupa, etc. Como a conversão é feita por resistores, a eficiência energética da transformação é grande, porém há otimizações que podem ser feitas através do controle do processo, otimizando a carga, reduzindo tempos “mortos” entre operações, evitando as perdas por paredes e portas, melhorando o controle da temperatura. Os investimentos são, em geral, pequenos embora os ganhos também não sejam grandes.

Pode-se estender aqui a abordagem feita para o setor industrial quanto a economias, custos e medidas de incentivo.

3.4. Iluminação

Aqui se aplicam as considerações feitas para o setor industrial no item 2. Entretanto, as trocas típicas são outras: o maior uso em escritórios ainda é a lâmpada fluorescente de 40 W, em luminárias com 2, 3 ou 4 lâmpadas e reator magnético. É vantagem, em geral, substituir-se esta configuração por lâmpadas fluorescentes de 32 W (ou até de 28 W), com reator eletrônico, utilizando-se luminárias eficientes – estas luminárias, por exemplo, podem substituir luminárias com 4 lâmpadas de 40 W por 2 de 32 W com refletor parabólico – há fabricantes que vendem kits para esta substituição (pode-se, também, às vezes, substituir-se luminárias com 2 fluorescentes de 40 W por 1 de 32 W com refletor eficiente). Estas MEE apresentam economias de 33 e 66%, como mostra a Tabela 22, com custos de 20 a 80 US$/MWh.

Tabela 22 – MEE em iluminação nos setores comercial e público

Configuração atual		Configuração proposta		Funcionamento	Economia	US$/MWh	
						Operação	Fim vida útil
Fluorescente	2 x 40 W	Fluorescente	2 x 32 W	12 h/dia	33%	85,43	51,26
Fluorescente	2 x 40 W	Fluorescente	2 x 32 W	8 h/dia	33%	94,34	56,61
Fluorescente	4 x 40 W	Fluorescente	2 x 32 W	12 h/dia	66%	35,03	21,02
Fluorescente	4 x 40 W	Fluorescente	2 x 32 W	8 h/dia	66%	38,69	23,21

Fonte: EPE.

Destaque deve ser dado à iluminação pública, onde vários investimentos de eficientização têm sido feitos nos últimos anos, com participação inclusive nos PEEs[16] das distribuidoras e programa Reluz da Eletrobrás. Lourenço da Silva (2006) fez um levantamento junto à Eletrobrás, chegando a um total de 13 milhões de pontos cadastrados de iluminação pública em 2004, sendo ainda 52% de vapor de mercúrio e 40% a vapor de sódio (SILVA, 2006, p. 85). As lâmpadas a vapor de sódio têm um coeficiente lm/W bem superior, o que permite a troca por lâmpadas de menor potência, com boas vantagens econômicas. A deficiência das lâmpadas a vapor de sódio, o índice de reprodução de cores, não é importante neste tipo de iluminação, ao contrário do ambiente industrial. Silva (2006) estimou o custo médio das trocas possíveis em R$301, com economias da ordem de 10%.

As medidas de incentivo já foram comentadas no setor industrial.

3.5. Gerenciamento energético

A CICE foi instituída na administração pública federal pelo Decreto 99.656, de 26 de outubro de 1990 (ELETROBRAS/FUPAI, 2005, p. 23). Como na indústria, uma gestão energética é essencial para que as MEE implantadas tenham continuidade ao longo do tempo (lâmpadas ou reatores substituídos, por exemplo, podem ser "destrocados" caso não haja acompanhamento constante), e ganhos adicionais podem ser obtidos.

Como os ganhos adicionais se referem mais a mudanças de hábitos, os custos são menores, resultando na Tabela 23. As medidas de incentivo são as mesmas.

Tabela 23 – Economia e custos de gestão energética

Potencial	Economia	Custo nivelado (US$/MWh)
Técnico	10%	
Econômico	5%	10 a 20
Mercado	3%	20 a 30

Fonte: EPE.

16 Planos de Eficiência Energética, feitos pelas distribuidoras de energia elétrica para atendimento à Lei 9991/2000 e regulado pela ANEEL. A Lei 9.991/00 obriga as distribuidoras de energia elétrica a aplicar atualmente 0,25% de sua receita operacional líquida em projetos de eficiência energética no uso final.

4. Setor residencial

Conforme ilustrado na Figura 2, o setor residencial respondeu por 22% do consumo final de energia elétrica no ano de 2004 (EPE, 2006), ficando atrás somente do setor industrial. Para determinar o potencial de eficiência energética no setor residencial é fundamental conhecer mais detalhadamente sua estrutura de consumo, haja vista a variedade de equipamentos existentes nos domicílios e os diferentes hábitos de uso por região e classes de renda. Esta é, de fato, a primeira etapa do processo de estimativa do potencial de conservação de energia elétrica em determinado setor. A próxima etapa desse processo, da qual esta Nota Técnica se ocupa, consiste na caracterização das alternativas de uso mais eficiente, onde são levantados os custos associados e os agentes envolvidos. Neste item serão apresentadas as principais oportunidades de aumento da eficiência no uso da energia elétrica no setor residencial.

A caracterização do uso da energia elétrica no setor residencial pode ser obtida a partir da conjugação das informações apresentadas no BEU 2005 (MME, 2005) e dos dados divulgados no BEN 2005 (EPE, 2006), conforme apresentado na Tabela 24.

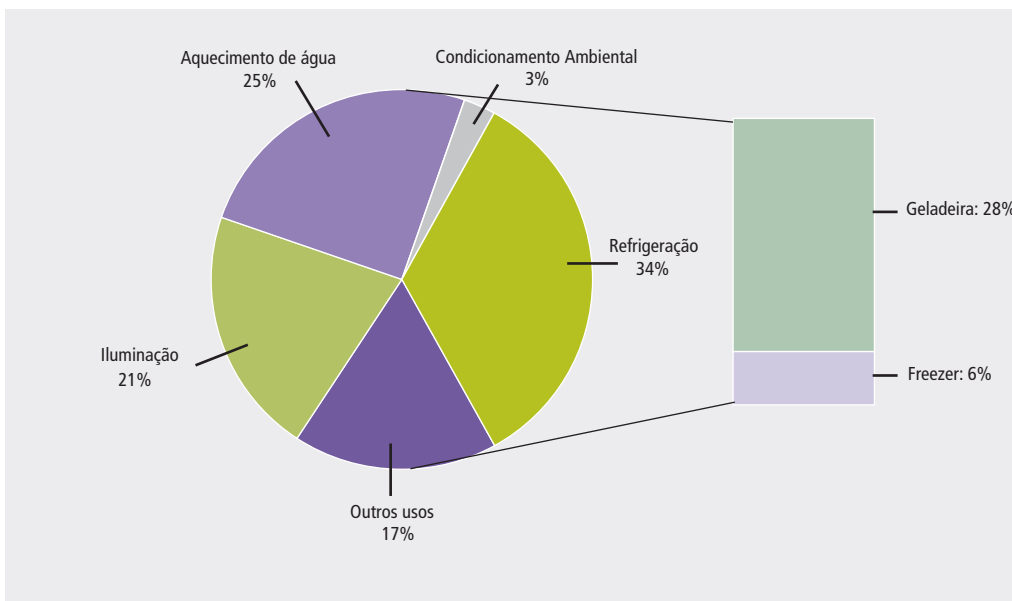
Tabela 24 – Uso da eletricidade no setor residencial

	Coeficientes de destinação						
	F.M.	**C.P.**	**A.D.**	**Refrig.**	**Ilumin.**	**Outras**	**Total**
	0,030	0,260	0,080	0,320	0,240	0,070	1,000
	Distribuição da energia final (GWh)						
	F.M.	**C.P.**	**A.D.**	**Refrig.**	**Ilumin.**	**Outras**	**Total**
	2.357	20.430	6.286	25.145	18.858	5.500	78.577
	Coeficientes de eficiência energética						
	F.M.	**C.P.**	**A.D.**	**Refrig.**	**Ilumin.**	**Outras**	**Total**
	0,750	1,000	0,700	0,600	0,090	1,000	0,622
	Coeficientes de eficiência de referência						
	F.M.	**C.P.**	**A.D.**	**Refrig.**	**Ilumin.**	**Outras**	**Total**
	0,830	1,000	0,800	0,700	0,172	1,000	0,752
	Distribuição de energia útil (GWh)						
	F.M.	**C.P.**	**A.D.**	**Refrig.**	**Ilumin.**	**Outras**	**Total**
	1.768,0	20.430,0	4.400,3	15.086,8	1.697,3	5.500,4	48.882,8
	Potencial de economia de energia						
	F.M.	**C.P.**	**A.D.**	**Refrig.**	**Ilumin.**	**Outras**	**Total**
	227,2		785,8	3.592,1	8.990,7	-	13.595,7
Economia	**9,6%**		**12,5%**	**14,3%**	**47,7%**	**-**	**17,3%**

Nota: O BEU classifica como Refrigeração (Refrig.) a energia consumida em geladeiras, freezers e aparelhos de ar condicionado; Calor de Processo (C.P.) a energia usada em aquecedores de água; Aquecimento Direto (A.D.) a energia usada em fornos e microondas;Iluminação (Ilumin.) a energia usada em iluminação de interiores e externa; Força Motriz (F.M.) a energia consumida em motores estacionários e Outros Usos a energia usada em computadores, telecomunicações e equipamentos eletrônicos de controle.

Fonte: BEN 2005, EPE, 2006, e BEU 2005, MME, 2005.

De acordo com os coeficientes de destinação apresentados na Tabela 24, no ano de 2004, a refrigeração respondeu pela maior parcela do consumo de energia elétrica no setor residencial, cerca de 32%. Nota-se que, de acordo com o BEU (MME, 2005), esta categoria de uso final engloba a energia consumida por geladeiras, *freezers* e equipamentos de ar condicionado. Tendo em vista o ganho de eficiência que os novos modelos de aparelhos de ar condicionado disponíveis no mercado vêm apresentando, é conveniente tratá-lo separadamente como um uso final, como apresentado na figura a seguir.

Figura 11 – Estrutura de consumo de energia elétrica por uso final no setor residencial (%) - 2005

Fonte: EPE, 2006b.

A estrutura de consumo residencial de energia elétrica ilustrada na Figura 11 foi determinada por ocasião da elaboração das projeções de demanda de energia para o PNE 2030 (EPE, 2006b). De acordo com esta referência, estima-se que a energia elétrica consumida para o condicionamento ambiental dos domicílios brasileiros corresponde a cerca de 3% do consumo total de energia elétrica no setor residencial. Embora apresente pequena participação em nível nacional, o consumo de aparelhos de ar condicionado se mostra expressivo em regiões com maior temperatura média, como é o caso de alguns estados nas regiões Sudeste e Nordeste, sobretudo nos meses do verão, justificando ações/medidas no sentido do aumento da eficiência destes equipamentos.

Ainda segundo EPE (2006b), a geladeira é o equipamento que, na média anual, mais consome eletricidade nos domicílios, aproximadamente 28% da demanda residencial de energia elétrica.

O segundo lugar, de acordo com MME (2005) e EPE (2006b), é ocupado pelo aquecimento de água, que responde por cerca de 25% do consumo deste setor e contribui significativamente para o pico de carga, principalmente nas regiões Sul e Sudeste – onde o chuveiro elétrico apresenta maior difusão entre os domicílios.

De acordo com as duas referências citadas, o terceiro maior consumo é devido à iluminação, quase 25% do total.

É importante destacar que, pelo fato de a despesa média de um domicílio com energia elétrica ser pequena em relação às suas despesas de consumo, como demonstra a última edição da POF (IBGE, 2004), especialmente em domicílios de mais alta renda, a economia de energia no setor residencial irá ocorrer mais provavelmente mediante aumento de eficiência dos equipamentos eletrodomésticos do que pela alteração dos hábitos de consumo. Nesse sentido, avanços tecnológicos poderão ser obtidos por intermédio de legis-

lação que privilegie padrões mínimos de eficiência, como é o caso da Lei nº 10.295/2001, conhecida como "Lei de Eficiência Energética", que visa estabelecer índices mínimos de eficiência energética para máquinas e equipamentos fabricados ou comercializados no país.

A seguir apresentam-se as oportunidades de aumento da eficiência energética nos diferentes usos finais do setor residencial.

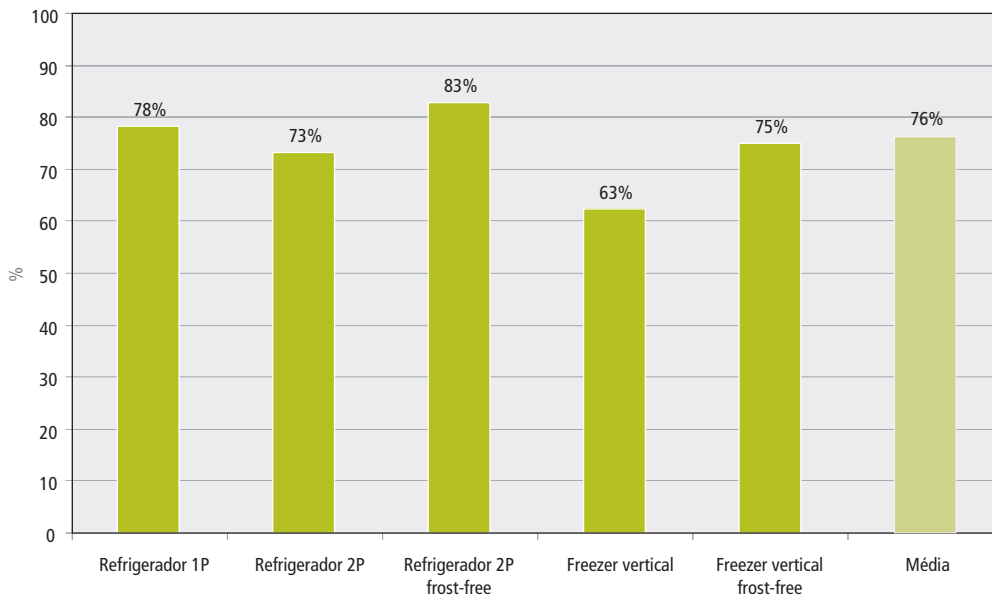
4.1. Refrigeração

De acordo com EPE (2006b), a refrigeração, entendida aqui como a energia consumida em refrigeradores e *freezers*, foi responsável por aproximadamente 28.070 GWh no ano de 2005, correspondendo a aproximadamente 34% do consumo residencial de eletricidade. Estima-se que somente os refrigeradores consumiram 22.856 GWh, cerca de 28% do consumo residencial de eletricidade. Uma das explicações para a grande parcela da eletricidade consumida por este equipamento é o fato de estar presente na maioria dos domicílios brasileiros, 90,7% de acordo com a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios referente ao ano de 2005 (IBGE, 2006). Cerca de 77% desses aparelhos são modelos de uma porta com um *freezer* interno (PROCEL/EXCEN). Em 1988, este percentual era de 86% (GELLER, 1994). Verifica-se, portanto, uma redução de sua participação relativa. De fato, há uma tendência de mudança para refrigeradores de duas portas, que apresentam maior capacidade de armazenamento e consomem mais energia que os de uma porta.

Desde 1984, com a criação do Programa Brasileiro de Etiquetagem[17] (PBE), o INMETRO passou a informar os consumidores sobre o consumo de energia elétrica dos principais eletrodomésticos comercializados no país por intermédio de etiquetas que lhes permitam selecionar produtos de maior eficiência. Com isso, mesmo com a adesão voluntária dos fabricantes, houve um estímulo no sentido de aumento da eficiência de refrigeradores.

De acordo com os critérios estabelecidos pelo INMETRO para o ano de 2006, a maioria dos modelos classificados se concentra nas classes A e B, como ilustrado na Figura 12. Somente 3% apresentam a pior classificação segundo os mesmos critérios.

17 O Programa Brasileiro de Etiquetagem é decorrente do Protocolo firmado em 1984 entre o então Ministério da Indústria e do Comércio e a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica - ABINEE, com a interveniência do Ministério das Minas e Energia. A adesão ao PBE é voluntária. Só são realizados testes com os produtos dos fabricantes que querem fazer parte do Programa. A partir dos resultados, é criada uma escala onde todos serão classificados. Esses testes são repetidos periodicamente, a fim de atualizar a escala. Com isso, o Programa incentiva a melhoria contínua do desempenho dos eletrodomésticos, buscando otimizar o processo de qualidade dos mesmos. Isso estimula a competitividade do mercado, já que, a cada nova avaliação, a tendência é que os fabricantes procurem atingir níveis de desempenho melhores em relação a avaliação anterior. (INMETRO, 2006)

Figura 12 – Percentual de modelos nas classes A e B para cada categoria de refrigerador e freezer

Fonte: Elaboração própria a partir de INMETRO, 2006.

Na Tabela 25 é mostrada a redução no consumo específico ao longo do tempo para um modelo refrigerador. Em 1989, o modelo mais eficiente disponível no mercado consumiu quase 25% menos energia do que o melhor modelo existente no ano anterior.

Tabela 25 – Progresso no aumento da eficiência dos refrigeradores

Consumo de eletricidade (kWh/ano) (1) (Modelos com uma porta, 250-300 litros)			
Ano	**Melhor modelo**	**Pior modelo**	**Modelo médio**
1986	440	570	490
1987	440	490	460
1988	440	490	460
1989	335	490	435
1990	335	490	435
2006	276	372	317 (2)

Nota: 1 - Consumo ao nível de tensão de 127; 2 - Média aritmética entre os consumos específicos dos modelos com capacidade 250-300 litros da tabela de eficiência energética para refrigeradores, INMETRO, 2006.

Fonte: Elaboração a partir de GELLER, 1994, e INMETRO, 2006.

Em média, estima-se que, atualmente, os novos refrigeradores de uma porta, 250-300 l, consomem cerca de 27% menos energia do que os equipamentos disponíveis no mercado na década de 90, uma queda de 2% ao ano no consumo específico. Um exercício simples mostra o impacto da entrada de refrigeradores mais eficientes na demanda residencial de eletricidade. Considerando a entrada de 1,85 milhões de novos equipamentos ao ano e supondo que cada novo equipamento adquirido pelas famílias seja cerca de 20% mais eficiente do que os refrigeradores atualmente existentes nos domicílios, haveria uma redução de aproximadamente 385

GWh no consumo de energia elétrica do setor residencial[18] e evitaria a necessidade de 100 MW de expansão de capacidade[19].

É interessante notar que não há grande variação entre os custos dos modelos mais e menos eficiente, segundo os critérios estabelecidos pelo INMETRO para o ano de 2006, apresentados na tabela anterior. O modelo mais eficiente custa R$ 909,36 ao passo que o menos eficiente custa R$ 875,00[20]. Considerando somente o custo de investimento, há uma diferença de 4% para um ganho de eficiência de 26%.

A Tabela 26 mostra como varia o consumo de refrigeradores e *freezers* de acordo com a categoria.

Tabela 26 – Consumo de eletricidade de refrigeradores e freezers

Consumo de eletricidade (kWh/ano) Ano 2006				
Categoria	**Número de modelos**(1)	**Menor consumo**	**Maior consumo**	**Modelo médio**(2)
Refrig. 1P (200-300 l)	21	276	372	317
Refrig. 1P (301-450 l)	14	294	350	319
Refrig. 2P (300-450 l)	36	397	732	599
Refrig. 2P *frost-free* (200-750 l)	38	432	1.220	830
Freezer vertical (200-300 l)	9	490	582	528
Freezer vertical *frost-free*	4	636	852	709

Nota: 1 - Os valores referem-se ao consumo em 127 V – nível de tensão mais comum nos domicílios brasileiros; 2 - Média aritmética entre os consumos específicos dos modelos correspondentes a cada categoria.
Fonte: Elaboração própria a partir INMETRO, 2006.

Cumpre notar que, em função dos compromissos assumidos pelo Brasil no âmbito do Protocolo de Montreal[21], o CFC (clorofluorocarbono, também conhecido como gás *freon*) deixou de ser utilizado pelos fabricantes nacionais como agente de expansão de espumas e como fluido refrigerante. Alternativamente, passaram a ser utilizados como agentes de expansão o gás R141b[22] (HCFC 141 b - diclorofluoretano) e o ciclopentano. A utilização do ciclopentano nas espumas de isolamento de refrigeradores e *freezers*, embora considerada como solução definitiva em substituição ao CFC, reduz a eficiência do equipamento devido a sua menor capacidade de isolamento em relação ao R141b. Cumpre notar que, por ocasião da determinação dos índices de eficiência para cada uma das classes pelo INMETRO, essa diferença na eficiência se reflete no estabelecimento de índices menos rigorosos (4% em média) para os refrigeradores que usam o ciclopentano como agente de expansão.

Finalmente, cabe colocar que os índices mínimos de eficiência, tanto para os equipamentos que utilizam o ciclopentano como para aqueles que utilizam o R141b como agente de expansão das espumas, foram estabelecidos a partir de discussões com os fabricantes ou com base em metodologias por estes homologadas no âmbito do PBE. Estes índices serão revistos mediante implementação de um plano de metas, conforme previsto pelo Decreto nº 4.059/2001.

18 Assumindo vida útil de 20 anos.
19 Considerando uma hidroelétrica com fator de capacidade médio de 0,50 e perdas na transmissão e distribuição de 12%.
20 Comparação realizada entre os equipamentos da marca Consul (modelo CRA30E, consumo de 23,0 kWh/mês) e da marca DAKO (modelo DR 280, consumo de 31 kWh/mês) em novembro de 2006 (BONDFARO, 2006).
21 O Decreto nº 99.280, de 1990, determinou a aplicação do Protocolo no País.
22 O HCFC 141b foi um dos materiais desenvolvidos para substituir clorofluorcarbonos (CFCs), que são considerados responsáveis pela degradação da camada de ozônio. Ele tem se mostrado como solução provisória mais eficaz, mais econômica em termos de gasto de energia e mais segura para os CFCs usados em espumas rígidas de isolamento.

4.2.Condicionamento ambiental

De acordo com EPE (2006b), estima-se que no ano de 2005 foram consumidos 2.137 GWh para o condicionamento ambiental dos domicílios, correspondendo a cerca de 3% do consumo total de eletricidade no setor residencial naquele ano. Conforme elucidado anteriormente, embora apresente pequena participação em nível nacional, o consumo de aparelhos de ar condicionado se mostra expressivo em regiões com maior temperatura média, como é o caso de alguns estados nas regiões Sudeste e Nordeste, sobretudo nos meses do verão.

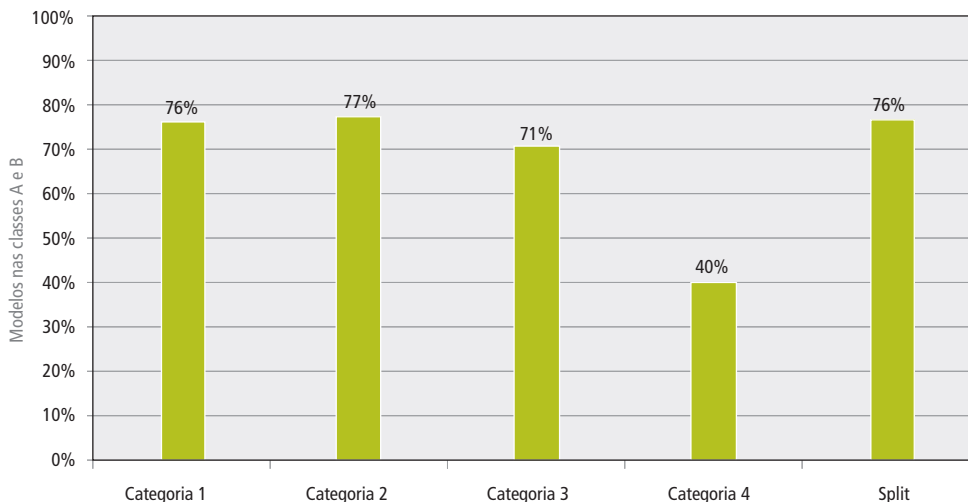
De acordo com o Censo 2000 (IBGE, 2002), somente 7% dos domicílios brasileiros possui este equipamento. A maior posse está na região Norte, 0,11 condicionadores de ar por domicílio. É interessante notar que nas regiões Sudeste e Sul, embora apresentem temperaturas médias anuais distintas, a posse média coincide – 0,08 equipamentos por domicílio. A explicação para este fato, muito provavelmente, está na reversibilidade dos equipamentos presentes na região Sul, que podem ser utilizados tanto para resfriamento quanto para aquecimento de ambientes. Na região Nordeste a posse média é de apenas 0,05 por domicílio. O que se nota, portanto, é que a posse e, conseqüentemente, o uso deste tipo de equipamento estão ligados não só à temperatura média da região, como também ao seu nível econômico, que reflete as diferentes condições de acesso à energia entre as classes de renda. Nesse sentido, a explicação para a região Norte apresentar a maior posse média está, em boa medida, no fato de que a quantidade de condicionadores de ar para a maior classe de consumo (acima de 301 kWh) ser de 1,04 por domicílio (GOMES, 2006).

Tipicamente, o setor residencial utiliza aparelhos de janela (ou parede) – condicionadores locais autônomos completos, com compressor frigorífico, condensador refrigerado a ar, serpentina de resfriamento e desumidificação de expansão direta, filtro e ventiladores para circulação do ar condicionado e do ar exterior de condensação (PROCEL/EFEI, 2001). O aparelho de janela, com relação a uma instalação do tipo central, apresenta um menor custo inicial e facilidade de instalação. Recentemente, vem se difundindo o uso de condicionadores de ar *split* entre os domicílios, sobretudo entre os de mais alta renda. É composto por dois módulos: um interno, conhecido como evaporador, e outro externo, conhecido como condensador – onde fica o compressor. Os dois módulos são ligados por tubulação, a qual faz a passagem do gás refrigerante. O posicionamento do compressor na unidade externa confere a este tipo de condicionador de ar uma operação mais silenciosa para os ocupantes do ambiente. Apresenta rendimento maior que o do aparelho de janela, porém seu custo inicial é maior.

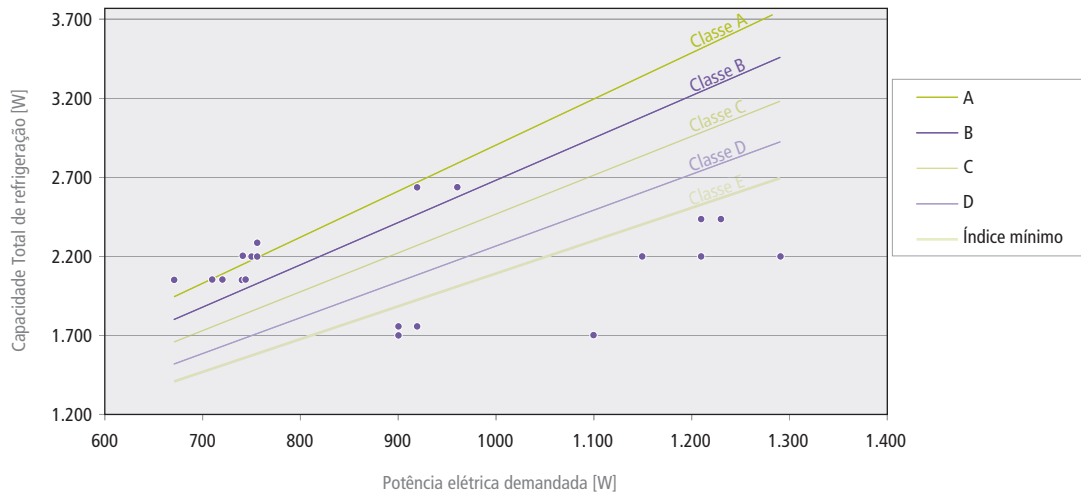
Estima-se que um aparelho de ar condicionado de janela de 7.500 BTU/h, e cerca de 1.000 W de potência elétrica demandada, consuma cerca de 480 kWh/ano[23]. Durante os meses do verão, sobretudo nas regiões com maior temperatura média, estima-se um consumo médio de 120 kWh/aparelho/mês, o que justifica a adoção de medidas no sentido do aumento da eficiência destes equipamentos.

Atualmente, há disponíveis no mercado cerca de 350 modelos de condicionadores de ar. De acordo com a tabela de eficiência energética para estes equipamentos (INMETRO, 2006), com exceção da categoria 4 (capacidade de refrigeração superior a 20.000 BTU/h), a maioria dos modelos pode ser classificada como A ou B, conforme mostrado na Figura 13. Nota-se que os equipamentos mais eficientes pertencem à classe A.

23 Quando utilizado durante 8 horas/dia e somente nos meses com maior temperatura média.

Figura 13 – Percentual de modelos nas classes A e B para cada categoria de condicionador de ar

Fonte: MME, 2006.
Nota:
Capacidades de refrigeração:
Categoria 1: até 9.000 BTU/h
Categoria 2: entre 9.001 e 13.999 BTU/h
Categoria 3: entre 14.000 e 19.999 BTU/h
Categoria 4: a partir de 20.000 BTU/h

Considerando a Lei de Eficiência Energética e a obrigatoriedade que esta estabelecerá em relação ao atendimento de requisitos mínimos de eficiência, o Comitê Técnico de Condicionadores de Ar, no âmbito do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), estabeleceu índices mínimos de eficiência energética para todas as categorias de condicionadores de ar. A indústria nacional, antevendo a implementação da referida Lei, vem se adequando aos índices estabelecidos. Para a categoria 1, por exemplo, que apresenta capacidade de refrigeração inferior a 9.000 BTU/h (≤ 9.496 KJ/h), os menores índices de eficiência considerados aceitáveis são 8% inferiores aos estabelecidos para a classe D, conforme ilustrado na Figura 14. Cada ponto no gráfico corresponde a um modelo de condicionador de ar.

Figura 14 – Distribuição das classes de condicionadores de ar da categoria 1 e o corresponde índice mínimo de eficiência energética

Fonte: MME, 2006.

Da mesma forma que para refrigeradores e *freezers*, a variação entre os custos dos modelos mais e menos eficiente é muito pequena. Selecionaram-se, ao acaso, dois modelos de condicionadores de ar da tabela de eficiência do Inmetro, ambos pertencentes à categoria 1 (≤ 9.000 BTU/h) – um mais eficiente[24] (classe A) e outro menos eficiente[25] (classe E). Verificou-se que tanto o modelo mais eficiente quanto o menos eficiente selecionados situam-se na mesma faixa de preço, que varia de R$ 849,00 a R$ 899,00[26]. O modelo mais eficiente consome cerca de 35% menos energia do que o menos eficiente.

Um exercício simples mostra o impacto da entrada de condicionadores de ar mais eficientes na demanda residencial de eletricidade. Assumindo uma evolução na posse e supondo que, hipoteticamente, cada novo equipamento adquirido pelas famílias seja 35% mais eficiente do que os condicionadores atualmente existentes nos domicílios, ao final de um ano, haveria uma redução de aproximadamente 125 GWh no consumo de energia elétrica do setor residencial[27], que evitaria a necessidade de 30 MW de expansão de capacidade[28].

4.3. Iluminação

Conforme apresentado na Tabela 24 e na Figura 11, estima-se que a iluminação responda por quase 25% do consumo de eletricidade no setor residencial, o que correspondeu a cerca de 18.000 GWh no ano de 2005. Expresso de outro modo, o consumo médio de um domicílio com iluminação situa-se próximo a 360 kWh/domicílio/ano.

24 Condicionador de ar da marca Cônsul, modelo CCC07D, janela, frio, 220 V. Eficiência energética = 2,92 W/W.
25 Condicionador de ar da marca Cônsul, modelo CCC07A, janela, frio, 220 V. Eficiência energética = 1,91 W/W.
26 Pesquisa de preço realizada em BUSCAPE (2006).
27 Assumindo vida útil de 12 anos e condicionadores de ar de 7.500 BTU/h funcionando durante 4 horas/dia e 4 meses por ano.
28 Considerando uma hidroelétrica com fator de capacidade médio de 0,50 e perdas na transmissão e distribuição de 12%.

As maiores oportunidades para a redução do consumo de eletricidade para iluminação nos domicílios estão, mais do que na mudança de hábito, na substituição das lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes compactas. A maior vantagem dos modelos mais eficientes está no fato de apresentarem o mesmo fluxo luminoso com potências menores, o que resulta em uma economia de energia de até 80% (PROCEL/EFEI, 2001). Além disso, possuem uma boa definição de cores e uma vida útil maior. Os modelos incandescentes apresentam uma vida útil de 1.000 horas, enquanto que as fluorescentes compactas duram, em média, 10.000 horas.

Tabela 27 – MEE em iluminação no setor residencial

Configuração atual[1]		Alternativa proposta[2]		Investimento inicial R$[3]	Economia obtida[4]		Retorno[5] anos
					kWh/ano	R$	
Incandescente	60 W	Florescente compacta	15 W	7,22	82	24,20	0,3
Incandescente	100 W	Florescente compacta	20 W	7,65	146	43,10	0,2

Nota: 1 - Os modelos incandescentes considerados são da marca Osram, para um nível de tensão de 127 V. Os preços destes modelos no mercado são de R$ 1,59 e R$ 2,16, para as potências de 60W e 100W, respectivamente (BONDFARO, 2006); 2 - As alternativas propostas apresentam o mesmo nível de iluminamento das incandescestes e correspondem aos modelos da marca Osram (lâmpada eletrônica tripla Energy Saver, cor 21 branca, 120 V x 16W e 120 V x 20 W); 3 - Estimado a partir de BONDFARO (2006); 4 - Economia estimada para cada lâmpada, considerando um funcionamento de 5 horas/dia e uma tarifa residencial média de R$ 0,295/kWh (ref. jan a ago/2006) (ANEEL, 2006); e 5 - Retorno simples = (Investimento inicial)/(Economias anuais)
Fonte: EPE.

Na Tabela 27 é mostrada a economia estimada para cada substituição. Verifica-se que é possível obter reduções significativas no consumo de eletricidade com retornos econômicos importantes para o consumidor residencial sem que haja perda do nível de iluminamento. No entanto, as lâmpadas fluorescentes produzem harmônicos e há que se cuidar da disposição do mercúrio usado em sua constituição (metal pesado) ao fim da vida útil. Vale notar que os resultados apresentados na tabela anterior referem-se a cada lâmpada substituída.

Da mesma forma, cabem as observações relativas ao índice de reprodução de cores, previamente apresentadas no item 2.4.

4.4. Aquecimento de água

O aquecimento de água é responsável por cerca de 25% do consumo residencial de energia elétrica, quase 21.000 GWh no ano de 2005 (EPE, 2006b; MME, 2005). Aproximadamente 70% dos domicílios com acesso à eletricidade utilizam para este fim o chuveiro elétrico – ducha com resistência elétrica que aquece a água a ponto de uso. Estima-se que, em média, um chuveiro consuma cerca de 600 kWh/ano[29]. Embora apresente alta eficiência térmica, cerca de 95% da eletricidade consumida é transferida como calor à água, sua contribuição para o pico de carga é significativa, na medida em que são usados quase simultaneamente pelos domicílios durante o período de demanda máxima (18 e 21 horas), principalmente nas regiões Sul e Sudeste – onde o chuveiro elétrico apresenta a maior posse média.

A potência nominal dos equipamentos disponíveis no mercado varia entre 4.400 W e 7.600 W, com tendência de aumento. A escolha do chuveiro elétrico como forma de aquecimento de água pela maior parte dos domicílios brasileiros se deve, principalmente, ao seu baixo custo inicial e facilidade de instalação e operação. Ademais, o uso do gás natural como forma alternativa de aquecimento de água é restrito aos domicílios próximos à rede de distribuição.

29 Considerando um chuveiro com potência média de utilização de 2.500 W, banhos diários de 10 minutos/morador e famílias compostas por 4 pessoas.

O preço de um chuveiro elétrico pode variar muito de acordo com suas características e facilidades oferecidas, em uma faixa que vai de R$ 19,90 a R$ 499,00[30]. Os modelos mais simples apresentam somente duas opções para o aquecimento da água: “inverno” e “verão”. Em média, há uma economia de 30% no consumo de energia elétrica quando o chuveiro é usado na posição “verão”. Nestes modelos a temperatura é controlada pela vazão da água. Os modelos mais sofisticados, de modo geral, apresentam potências maiores, quatro opções de temperatura e pressurizador de água.

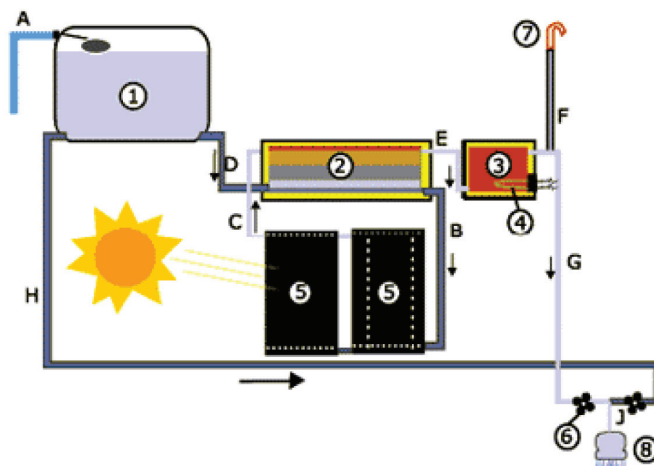
O aquecedor elétrico de acumulação, também conhecido como *boiler*, é outro equipamento utilizado pelos domicílios para o aquecimento de água. Mediante uma resistência elétrica interna a um reservatório térmico, a água é aquecida na temperatura desejada pelo usuário, por meio de um termostato, e distribuída até o ponto de uso. Desta forma, é possível o aquecimento da água fora do horário de ponta do sistema elétrico. Em contrapartida, por manter a temperatura da água constante mesmo com o aumento da vazão, há a tendência de aumento no consumo de energia elétrica e água potável. Acrescenta-se ainda como desvantagem do *boiler*, a perda de calor pela superfície externa do reservatório e pela tubulação de distribuição. Por esta razão, devem ser instalados próximos ao ponto de consumo. Ainda assim, estima-se que a eficiência térmica deste equipamento seja cerca de 70%.

De acordo com GELLER (1994), a redução no consumo de eletricidade para aquecimento de água nos domicílios pode ser conseguida mediante substituição do aquecedor a resistência elétrica por uma bomba de calor, que é de duas a três vezes mais eficiente. Entretanto, devido a sua baixa potência e necessidade de um grande trocador de calor, o uso desta forma de aquecimento de água requer um tanque de armazenamento. Apresentam elevado custo inicial e não são viáveis para os domicílios com apenas uma tubulação para distribuição de água fria. O uso de bombas de calor constitui-se, portanto, uma alternativa atraente entre os domicílios de mais alta renda e com sistema de distribuição de água quente, substituindo o *boiler* elétrico.

Uma outra opção para reduzir a demanda de eletricidade devido ao aquecimento de água, segundo GELLER (1994), estaria na limitação da potência máxima de uso dos chuveiros em cada região do país. De acordo com as temperaturas médias anuais que caracterizam cada região, a potência adequada para o Norte e o Nordeste estaria limitada em 3.000 W; para o Centro-Oeste em 3.500 W; para o Sudeste, 4.000 W, e para o Sul em 5.000 W (GELLER, 1994).

Mais recentemente, vem se difundindo o uso da energia solar como forma de aquecimento de água. Na Figura 15 é apresentado o diagrama esquemático de um sistema de aquecimento solar de água.

30 Pesquisa de preços realizada em BONDFARO (2006).

Figura 15 – Diagrama esquemático de um sistema solar para aquecimento de água

Legenda: 1 - Caixa de água tradicional; 2 - Reservatório térmico para aquecimento solar; 3 - Reservatório térmico para aquecimento auxiliar; 4 - Resistência elétrica; 5 - Coletores solares; 6 - Misturadores; 7 - Respiro; e 8 - Chuveiro.
Fonte: SOCIEDADE DO SOL, 2006.

O princípio de funcionamento de um aquecedor solar é simples. A água que vem da caixa d´água preenche o reservatório térmico solar e o reservatório térmico auxiliar. A água mais fria do reservatório solar passa pelos coletores solares e retorna aquecida, sem a necessidade de moto-bomba, uma vez que a água mais fria, mais pesada, empurra a água quente, mais leve, de volta ao reservatório. Este efeito é denominado termosifão. Em dias de chuva ou nublados, a resistência do reservatório auxiliar, acionada por um termostato, gera o calor necessário para que a temperatura atinja o nível desejado. O respiro serve para evitar a presença de bolhas de ar ou, caso haja um superaquecimento da água proveniente do reservatório auxiliar, eliminar o vapor gerado, impedindo o aumento de pressão e evitando que o sistema exploda.

O aquecimento solar de água ainda apresenta elevado custo inicial se comparado ao baixo custo do chuveiro elétrico. Em substituição ao *boiler* elétrico, entretanto, apresenta a vantagem de propiciar o mesmo conforto com uma economia de até 80% no consumo de eletricidade. O retorno financeiro, neste caso, se dá em um prazo de 2 a 4 anos. (SOCIEDADE DO SOL, 2006)

4.5. Outros usos

Embora de difícil estimativa, o consumo da categoria outros usos[31] cresce na medida em que se verifica aumento na posse de eletro-eletrônicos. Segundo EPE (2006b), esta categoria correspondeu a 17% do consumo de eletricidade no setor residencial no ano de 2005, cerca de 14.000 GWh. Inclui o uso de televisores, aparelhos de som e vídeo, microondas, máquinas de lavar roupa, entre outros. Nota-se que, embora apresentem consumo individual relativamente baixo se comparado ao consumo de chuveiros elétricos, refrigeradores, *freezers* e condicionadores de ar, a tendência de aumento nas aquisições de equipamentos eletro-eletrônicos, impulsionada, por um lado, por uma demanda reprimida, e, por outro, pelo surgimento de uma nova geração de aparelhos, acabará por conduzir os domicílios, e, consequentemente, o setor residencial, a maiores patamares de consumo.

31 Esta categoria engloba todos os equipamentos não mencionados anteriormente nos usos residenciais explicitados.

A posse de máquinas de lavar roupa entre os domicílios com acesso à eletricidade, por exemplo, evoluiu de 0,27 equipamentos/domicílio no ano de 1991 (IBGE, 2006b) para 0,37 equipamentos/domicílio no ano de 2005 (IBGE, 2006). Estima-se que, em média, uma máquina de lavar roupa consuma 72 kWh/ano[32]. De acordo com GELLER (1994), a maioria dos modelos utilizados apresenta abertura superior e funcionam com água fria, tendo em vista a inexistência de equipamento de aquecimento central de água e sistema de distribuição para água quente na maior parte dos domicílios brasileiros. Apesar disso, cresce o número de modelos disponíveis no mercado que funcionam com água quente e que podem apresentar um consumo de mais de dez vezes o seu correspondente com água fria. Estes equipamentos também fazem parte do PBE e são classificados de acordo com sua eficiência.

O percentual de domicílios com televisores passou de 82% no ano de 1991 (IBGE, 2006b) para 94% no ano de 2005 (IBGE, 2006), com tendência de aumento. Estes equipamentos têm evoluído para modelos maiores e que consomem mais energia. Um aparelho de 20 polegadas consome, em média, 150 kWh/ano, ao passo que o consumo médio de um modelo de 29 polegadas é de 200 kWh/ano.

As maiores oportunidade de redução no consumo de eletricidade em equipamentos eletro-eletrônicos, sobretudo nos aparelhos de som e vídeo, estaria na limitação do consumo no modo *stand-by*, que aumenta com a posse destes equipamentos.

5. Considerações finais

Estimar o alcance de medidas de eficiência energética (MEE) no Brasil não é uma tarefa fácil, devido a grande carência de dados, tanto no uso da energia quanto nos custos e possível penetração de cada medida. A maioria dos dados estimados baseia-se em referências internacionais e estudos já publicados há algum tempo, merecendo revisão e atualização. Devem, pois, ser usados com estas restrições.

A necessidade de um desenvolvimento econômico sustentado para o Brasil, o papel relevante que a energia elétrica desempenha para tal e as dificuldades econômicas e ambientais para a expansão do sistema elétrico, colocam o uso mais eficiente de energia na ordem do dia, seja pelo seu custo mais baixo de implantação, seja pela ausência de impacto ambiental, seja pelo impacto social positivo pela criação de empregos. A Figura 16 mostra o custo das medidas de eficiência energética abordadas para o setor industrial com seus custos de energia evitada estimados.

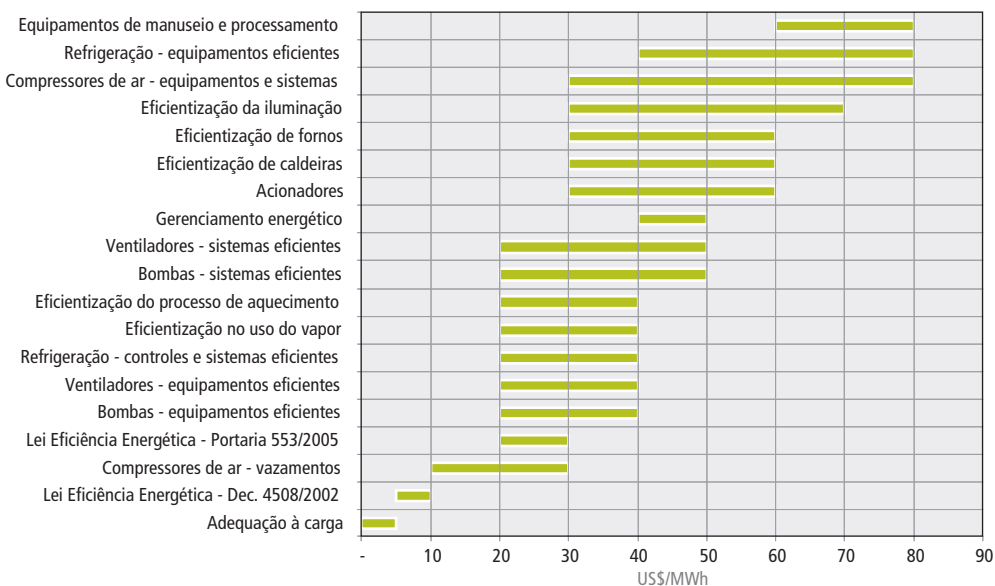
32 Considerando uma potência de 500 W e 12 horas de funcionamento no mês.

Figura 16 – Custo das MEE estudadas para o Setor Industrial

Equipamentos de manuseio e processamento
Refrigeração - equipamentos eficientes
Compressores de ar - equipamentos e sistemas
Eficientização da iluminação
Eficientização das células de soda-cloro
Eficientização da redução do alumínio
Eficientização de fornos
Eficientização de caldeiras
Acionadores
Gerenciamento energético
Ventiladores - sistemas eficientes
Bombas - sistemas eficientes
Eficientização do processo de aquecimento
Eficientização no uso do vapor
Refrigeração - controles e sistemas eficientes
Ventiladores - equipamentos eficientes
Bombas - equipamentos eficientes
Lei Eficiência Energética - Portaria 553/2005
Compressores de ar - vazamentos
Lei Eficiência Energética - Dec. 4508/2002
Adequação à carga
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90
US$/MWh

Fonte: EPE.

Para os setores comercial e público, os custos são mostrados na Figura 17.

Figura 17 – Custos das MEE estudadas para os Setores Comercial e Público

Fonte: EPE.

Os mecanismos de mercado não são capazes de introduzir a eficiência energética no padrão desejado pela sociedade. Há necessidade, portanto, de políticas de incentivo à eficiência energética que minimizem as barreiras e as imperfeições de mercado. Um estudo mais aprofundado dos mecanismos de promoção de eficiência energética pode ser encontrado no Boletim de Análise e Conjuntura Energética de junho.2006 (EPE, 2006a). Aqui procurou-se citar, de forma abreviada, as políticas mais adequadas e mais usadas em cada MEE vislumbrada.

As considerações aqui feitas serão aplicadas na Nota Técnica – Potencial de eficiência energética no uso da energia elétrica para estimação deste potencial. Uma ação estruturada em eficiência energética é condição necessária para se obter um desenvolvimento sustentado, em termos econômicos, ambientais e sociais. Avançar na caracterização técnico-econômica das medidas de eficiência energética é indispensável para tal.

6. Referências bibliográficas

ABAL – Associação Brasileira do Alumínio. Sítio contendo informações sobre a indústria e o uso do alumínio. Disponível em: http://www.abal.org.br/. Acesso em: 9.nov.2006.

ABESCO – Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia. Sítio contendo dados sobre a indústria de ESCOs no Brasil. Disponível em: http://www.abesco.com.br/. Acesso em: 11.out.2006.

ANDRADE, M. L. A. et alii. O Cobre Brasileiro em Ascensão no Cenário Mundial. In **BNDES Setorial**, n. 13, p. 65-94. Rio de Janeiro: BNDES, mar. 2001.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Tarifas Médias de Fornecimento por Região. Disponível em: http://www.aneel.gov.br/98.htm. Acesso em: 29.nov.2006.

AZEVEDO, J. B. L., CAMARGO, J. O. e VELLOSO, C. G. Consumo de Energia Elétrica da Classe Comercial: Caracterização e Metodologia. In **XVI SNPTEE. Anais**. Campinas – SP: Eletrobrás, 2001.

BONDFARO. Sítio contendo informações sobre preços de eletrodomésticos. Disponível em: http://www.bondfaro.com.br. Acesso em: 30.nov.2006.

BRASIL. Lei 10.295, de 17.out.2001 – "**Lei de Eficiência Energética**". Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providên-cias. D.O.U., Brasília, DF, 18.out.2001. Disponível em http://www.mme.gov.br. Acesso em 24.abr.2003.

BRASIL. **Decreto 4.508 de 11.dez.02**. Dispõe sobre a regulamentação específica que define os níveis mínimos de eficiência energética de motores elétricos trifásicos de indução rotor gaiola de esquilo, de fabricação nacional ou importados, para comercialização ou uso no Brasil, e dá outras providências. D.O.U., Brasília, DF, 12.dez.2002. Disponível em: http://www.energiabrasil.gov.br/decretos/decreto4508.pdf. Acesso em: 24.abr.2003.

BRAVO, J. L. R. DTQ – Caraíba Metais. Correspondência pessoal em nov.2006.

BONDFARO. Sítio contendo informações sobre preços de eletrodomésticos. Disponível em: http://www.bondfaro.com.br. Acesso em: 30.nov.2006.

BUSCAPÉ. Sítio contendo informações sobre preços de eletrodomésticos. Disponível em: http://www.buscape.com.br. Acesso em: 30.nov.2006.

CLASP – Collaborative Labeling and Appliance Standards Program. **Energy-Efficiency Labels and Standards**: A Guidebook for Appliances, Equipment, and Lighting. Disponível em: http://www.clasponline.org. Acesso em: 18.out.2006. Washington-USA: CLASP, 2005.

DRESHER, W. H. How Hydrometallurgy and the SX/EW Process Made Copper the "Green" Metal. In: **CDA Innovations – Cooper Development Association**. Aug, 2001. Disponível em: http://www.copper.org/innovations/2001/08. Acesso em: 10.nov.2006.

ELETROBRAS e FUPAI/EFFICIENTIA. **Gestão Energética**. 188 p. ilust. (Contém CD). Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanço Energético Nacional**. Ano base 2005. Rio de Janeiro: EPE, 2005.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Estudo Setorial: Soda-Cloro**. Estudo interno. Rio de Janeiro: EPE, 2006.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Boletim de Análise e Conjuntura Energética. Junho de 2006**. Rio de Janeiro: EPE, 2006a.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **O Mercado de Energia Elétrica: Evolução a longo prazo. Novembro**

de 2006. Rio de Janeiro: EPE, 2006b.

GARCIA, A. G. P. **Impacto da Lei de Eficiência Energética para Motores Elétricos no Potencial de Conservação de Energia na Indústria**. Tese (Mestrado em Planejamento Energético). 2003. 139 p. Programa de Planejamento Energético - PPE, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.

GELLER, H. S. **O Uso Eficiente da Eletricidade**: Uma Estratégia de Desenvolvimento para o Brasil. Rio de Janeiro: INEE, 1994.

GERBI - Redução das Emissões de Gases do Efeito Estufa na Indústria Brasileira. **Redução de Custos Operacionais: A Gestão Energética Competitiva**. Rio de Janeiro: GERBI, 2005.

GOMES, B.M., COHEN, C. *Despesas de Energia Elétrica no Setor Residencial Brasiileiro.* In: Anais do **XI Congresso Brasileiro de Energia – CBE**. COPPE/UFRJ: Rio de Janeiro, 2006.

GORHAM/SCHAFFLER INC. Sítio contendo informações sobre sistemas de ventilação, aquecimento e ar condicionado. Disponível em: http://www.gorhamschaffler.com/. Acesso em: 23.out.2006.

IAI – INTERNATIONAL ALUMINUM INSTITUTE. Sítio contendo informações sobre a indústria do alumínio no mundo. Disponível em: http://www.world-aluminium.org/. Acesso em: 9.nov.2006.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de Orçamentos Familiares - POF 2002-2003**. Brasil, 2004.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD 2005**. Brasil, 2006.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 1991.** Disponível em http://www.sidra.ibge.gov.br/. Acesso em: 01.dez.2006.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2000.** CD-ROM, Brasil, 2002.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Energy Technology Perspectives**: Scenarios and Strategies to 2050. Paris-FR: OECD/IEA, 2006.

MACHADO, A. C. Comentários sobre Eficiência Energética e Termos Relacionados. In **IX CBE – Congresso Brasileiro de Energia (Anais)**, p. 1258-1264. COPPE-UFRJ: Rio de Janeiro, 2002.

MME – MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. Secretaria de Energia. Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético. **Eficiência Energética**. Brasília, dez.2001. Disponível em: http://www.mme.gov.br/desenvenergetico/Documentos. Acesso em: 25.abr.2003.

MME – MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Balanço de Energia Útil – BEU 2005**. Brasília – DF: MME, 2005.

MME – MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Portaria Interministerial nº 553, de 8 de dezembro de 2005**. Dispõe sobre o Programa de Metas e prazos (...) níveis mínimos de eficiência energética de motores elétricos trifásicos (...). Brasília – DF: MME, 2005.

MONACHESI, M. G. **Eficiência Energética em Sistemas De Bombeamento.** Livro e manual técnicos feito pela EFFICIENTIA/FUPAI para o projeto PROCEL-SANEAR da Eletrobrás. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.

NOGUEIRA, L. A. H., ROCHA, C. R., NOGUEIRA, F. J. H. **Eficiência Energética no Uso de Vapor**. 196 p. ilust. (Contém CD). Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.

OSRAM. **Manual Luminotécnico Prático**. Disponível em: http://br.osram.info/download_center/manual_luminotectico.htm. Acesso em: 7.nov.2006.

PROCEL/GEF – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica / Global Environmental Facility. **Mercado de Eficiência Energética no Brasil** – em execução. Consórcio PUC-RJ/ECOLUZ/COPPE. Rio de Janeiro: Procel, 2005.

PROCEL/EFEI – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica / Escola Federal de Engenharia de Itajubá. **Conservação de Energia**: Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos. Itajubá – MG: EFEI, 2001.

PROCEL/EXCEN – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica / Centro de Excelência em Eficiência Energética. **Avaliação de Resultados do Programa do Selo PROCEL** - Apresentação 3: Estudo de caso. Rio de Janeiro, abril de 2006.

QUÍMICA E DERIVADOS. Sítio contendo matérias da revista sobre a indústria química. Disponível em: http://www.quimica.com.br/revista. Acesso em: 13.nov.2006.

ROCHA, N. R. e MONTEIRO, M. A. G. **Eficiência Energética em Sistemas de Ar Comprimido.** Livro e manual técnicos feito pela EFFICIENTIA/FUPAI para o projeto PROCEL-INDÚSTRIA da Eletrobrás. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.

RODRIGUES, P. **Curso de Iluminação**. Apostila do curso de formação de Consultores em Eficiência Energética do CEFET-RJ. Rio de Janeiro: CEFET-RJ, 2000.

SCHAEFFER et alii. **Avaliação dos Índices de Eficiência Energética para Motores Trifásicos de Indução**. Relatório feito à CLASP, em projeto sob os auspícios da UN/DESA. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2005.

SILVA, L. L. F. da. **Iluminação Pública no Brasil: Aspectos Energéticos e Institucionais**. Tese (Mestrado em Planejamento Energético). Rio de Janeiro: PPE/COPPE/UFRJ, 2006.

SOCIEDADE DO SOL. Sítio contendo informações sobre aplicações da energia solar. Disponível em: http://www.sociedadedosol.org.br/. Acesso em: 01.dez.2006.

SOLERO, R. B. **Energia Térmica: Eletrotermia**. Material de referência para o Curso de Formação de Consultores no Uso Eficiente de Energia do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca. Rio de Janeiro: CEFET-RJ, 2000.

TOLMASQUIM, M. T. e SZKLO, A. S. Coordenadores. **A Matriz Energética Brasileira na Virada do Milênio**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ; ENERGE, 2000.

VENTURINI, O. J. e PIRANI, M. J. **Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial e Comercial**. Livro e manual técnicos feito pela EFFICIENTIA/FUPAI para o projeto PROCEL-INDÚSTRIA da Eletrobrás. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.

VINE, E. An International Survey of the Energy Service Company (ESCO) Industry. In **Energy Policy**, n. 33, p. 691-704. 2005.

XENERGY. **United States Industrial Motor Systems Market Opportunities Assessment**. Relatório preparado para o US-DOE – Departamento de Energia dos EUA. Burlington, Massachusetts: dez.1998.

Participantes da
Empresa de Pesquisa Energética – EPE

Coordenação Geral
Mauricio Tiomno Tolmasquim
Amílcar Gonçalves Guerreiro

Coordenação Executiva
Renato Pinto de Queiroz

Coordenação Técnica
Ricardo Gorini de Oliveira

Equipe Técnica
Agenor Gomes Pinto Garcia
Raymundo Moniz de Aragão Neto
Carla da Costa Lopes Achão

POTENCIAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO USO DA ENERGIA ELÉTRICA

SUMÁRIO

1. Introdução

Esta nota técnica se conjuga com a nota técnica "Caracterização técnico-econômica de medidas de uso eficiente no uso da energia elétrica" (EPE, 2006b). Naquela, procuramos abordar as diversas medidas de eficiência energética (MEE) existentes, analisando suas características técnicas e custos de implantação, além das políticas de incentivo que poderiam ser aplicadas a cada uma delas. A partir destas estimativas e do perfil de consumo de eletricidade no mercado brasileiro, procuraremos aqui estimar a economia possível de ser atingida com a sua aplicação.

No estudo de potencial de conservação de energia, costuma-se vislumbrar três cenários de introdução das MEE, representados na Figura 1.

Figura 1 - Potenciais de conservação de energia

Fonte: EPE, 2006c.

O cenário técnico visa estabelecer um limite de penetração das medidas, dado pela substituição de todos os usos da energia considerados por equivalentes com a tecnologia mais eficiente disponível. Este cenário não considera custos ou qualquer outro impedimento de absorção da tecnologia, sendo, portanto, menos um cenário e mais um valor limite para balizamento dos outros estudos. O cenário econômico considera o sub-conjunto do cenário técnico cujas medidas têm viabilidade econômica de implementação. No entanto, a viabilidade econômica depende da ótica de quem a analisa – neste cenário, procura-se comparar as MEE com as alternativas de expansão do sistema elétrico, adotando-se, portanto, as variáveis que norteiam essa expansão, em especial a taxa de desconto e o custo marginal de expansão: busca-se verificar até que ponto seria interessante investir em evitar o uso da energia antes de expandir o sistema. No cenário de mercado, ao contrário, procura-se analisar as medidas que seriam introduzidas "por si mesmas", ou seja, aquelas cuja adoção traria redução de custos ao usuário, analisadas, portanto, pela sua ótica, em particular a taxa de desconto praticada e a tarifa de eletricidade a que está submetido. Mesmo neste cenário, outras barreiras haverá que

impedirão a sua total penetração – é para sua minimização que devem existir as políticas públicas adequadas. Deve-se notar que todos os três cenários evoluem continuamente ao longo do tempo: novas tecnologias ampliam o cenário técnico, enquanto o seu desenvolvimento e economias de escala provocadas por maiores penetrações no mercado diminuem o seu custo, ampliando os cenários econômico e de mercado. Por outro lado, a penetração de uma MEE se dá através de uma "curva de aprendizado", com parâmetros dependentes de diversas variáveis, inclusive das políticas de incentivo. Nesta Nota Técnica foram consideradas as medidas disponíveis no ano de referência (2004) e suposta sua penetração no horizonte do PNE 2030, sem considerar, no entanto, a sua forma ao longo do período.

Para cada MEE, foram estimados:

- **O potencial de redução de consumo de energia**: valor que pode ser economizado com a aplicação da medida, em termos percentuais do seu consumo original. O potencial técnico pode ser maior que o econômico e este que o de mercado pois pode haver medidas que se apliquem diferentemente nos três casos – por exemplo, pode-se utilizar uma bomba mais eficiente no cenário técnico, não viável economicamente, porém uma menos eficiente mas mais barata pode o ser. Assim, como a estimativa corresponde a uma faixa de incerteza, adotou-se o maior valor para o potencial técnico e o menor para o de mercado, ficando o econômico entre os dois.
- **A penetração das MEE**: aqui se considera que parcela dos equipamentos (ponderados pelo uso da energia) pode ser atingida com aquela medida, descontando-se, portanto, os que não se aplicam a medida considerada (por exemplo, a Lei de Eficiência Energética só está considerada para motores de indução trifásicos de 1 a 250 cv), onde a medida não é viável ou à parcela que já foi eficientizada.

Analisaremos as medidas por setor econômico e por uso final, como na Nota Técnica Caracterização Técnico-Econômica da Eficiência Energética (EPE, 2006b), para facilitar a análise. Algumas considerações serão, portanto, repetidas ao longo do texto.

2. Setor industrial

O perfil de consumo de eletricidade na indústria brasileira, por setor e uso final, é apresentado na Tabela 1, obtida a partir da aplicação dos dados do BEU 2005 (MME, 2005) ao BEN 2005 (EPE, 2005). Observa-se que mais de 2/3 da energia passa por motores elétricos, reunindo-se os usos finais força motriz e refrigeração. Aquecimento direto responde por quase 1/6, concentrado principalmente nos setores de não ferrosos e ferroligas. Os processos eletrolíticos, mormente na fabricação do alumínio e indústria de cloro-soda, absorvem mais de 1/10 da energia elétrica. Iluminação corresponde a apenas 3%.

Tabela 1 - Perfil de consumo de eletricidade na indústria brasileira (energia final)

	Força motriz	Calor de processo	Aquecimento direto	Refrigeração	Iluminação	Eletroquímica	Outras	Total
Outros	12,0%	0,3%	3,8%	1,8%	1,5%	-	0,4%	19,9%
Não ferrosos	6,0%	0,0%	6,0%	-	0,0%	7,7%	0,0%	19,7%
Química	9,3%	0,2%	0,2%	0,3%	0,3%	2,2%	0,0%	12,6%
Alimentos e bebidas	7,2%	0,8%	0,8%	2,1%	0,5%	0,0%	0,0%	11,5%
Ferro-gusa e aço	8,2%	0,2%	0,5%	0,0%	0,4%	0,5%	-	9,8%
Papel e celulose	7,8%	0,2%	-	0,0%	0,1%	-	0,0%	8,2%
Mineração e pelotização	5,0%	0,1%	0,2%	-	0,1%	-	0,0%	5,4%
Têxtil	2,6%	-	-	1,8%	0,1%	-	0,0%	4,5%
Ferro-ligas	0,1%	-	4,3%	0,0%	0,0%	-	-	4,5%
Cimento	2,1%	-	-	0,0%	0,0%	-	0,0%	2,2%
Cerâmica	1,6%	-	0,1%	-	0,1%	-	-	1,8%
Total	**61,8%**	**1,9%**	**16,1%**	**6,1%**	**3,2%**	**10,4%**	**0,5%**	**100,0%**

Fonte: EPE, baseado em BEN 2005, EPE, 2005 e BEU 2005, MME, 2005.

Nesta nota técnica serão estudadas as ações que permitem a redução do consumo de eletricidade nestes usos finais. Não serão consideradas as melhorias advindas de mudança no processo de fabricação.

2.1. Força motriz

Consideraremos o uso final da energia transformada por motores, a exemplo da nota de caracterização técnico-econômica da eficiência energética (EPE, 2006b), como na Tabela 2, reunindo os usos finais do BEU força motriz e refrigeração.

Tabela 2 - Uso final de força motriz

Bombas	movimentação de líquidos
Ventiladores	movimentação forçada de ar
Compressores de ar	compressão de ar para uso em diversas aplicações
Refrigeração	equipamentos de refrigeração e condicionamento ambiental
Manuseio	equipamentos para transporte e adequação de produto ou material
Processamento	equipamentos que modificam, de alguma forma, o produto ou material processado

Fonte: EPE.

A vantagem seria poder-se considerar as MEE a jusante do motor, como: eficientização de bombas e sistemas hidráulicos, ventiladores e sistemas de ventilação, compressores de ar e sistemas de ar comprimido, uso de acionadores de velocidade variável, eficientização de compressores de fluido refrigerante e sistemas de refrigeração e ar condicionado; sistemas de manuseio de material (pontes-rolantes, elevadores de caneca, esteiras rolantes, ensacadeiras, etc.) e de processamento (agitadores, peneiras, compressores de processo, prensas, extrusoras, máquinas-ferramenta, trefiladeiras etc.).

Repete-se na Tabela 3 a distribuição sugerida por uso final em força motriz, proposta por Nadel et alii (2002, p. 214) para a indústria americana.

Tabela 3 - Distribuição da energia em força motriz por setor e uso final

Setores	Bombas	Ventilado-res	Compres-sores de ar	Refrige-ração	Manuseio	Processa-mento	Outros	Total
Cimento	20,4%	14,5%	16,1%	0,2%	11,1%	33,3%	4,4%	100,0%
Ferro-gusa e aço	8,7%	15,3%	14,3%	0,0%	47,1%	12,6%	1,9%	100,0%
Ferro-ligas	8,7%	15,3%	14,3%	0,2%	47,1%	12,6%	1,9%	100,0%
Mineração e pelotização	8,7%	15,3%	14,3%	-	47,1%	12,6%	1,9%	100,0%
Não ferrosos	8,7%	15,3%	14,3%	-	47,1%	12,6%	1,9%	100,0%
Química	27,5%	12,5%	29,3%	2,5%	1,5%	24,9%	1,9%	100,0%
Alimentos e bebidas	18,9%	8,8%	8,9%	18,4%	7,0%	30,2%	7,7%	100,0%
Têxtil	12,3%	8,7%	9,7%	40,0%	6,7%	20,0%	2,6%	100,0%
Papel e celulose	32,9%	20,6%	4,8%	0,6%	7,7%	22,3%	11,1%	100,0%
Cerâmica	20,5%	14,5%	16,1%	-	11,1%	33,4%	4,4%	100,0%
Outros	18,6%	13,2%	14,7%	9,2%	10,1%	30,3%	4,0%	100,0%
Total	**18,4%**	**13,7%**	**14,5%**	**7,4%**	**18,5%**	**23,1%**	**4,4%**	**100,0%**

Fonte: EPE, baseada em EPE, 2006, MME, 2005 e Nadel et alii, 2002.

Esta, na verdade, é uma adaptação grosseira – teríamos que ter uma boa pesquisa de campo para estimar valores mais confiáveis. Vale ressaltar que Nadel et alii, baseados numa distribuição similar a esta e numa estimativa dos potenciais de conservação para várias MEE visualizadas, chegam a um potencial global para força motriz nos EUA em 1997 de 28 a 42% (NADEL et alii, 2002, p. 235).

■ 2.1.1. Motores elétricos

No tocante ao uso do motor elétrico em si, três MEE são normalmente consideradas:

- Uso de motor de alto rendimento;
- Adequação da potência do motor à carga; e
- Uso de acionadores (conversores de freqüência, regulador de tensão).

Uso de motor de alto rendimento

Consideraram-se aqui a aplicação das duas regulamentações de índices mínimos de rendimento energético a motores trifásicos de indução, a saber o Decreto 4.508/2002 (BRASIL, 2002) e a Portaria 553/2005 (MME, 2005). Serão substituídos todos os motores trifásicos de indução de 1 a 250 cv no horizonte do PNE 2030. As economias estão baseadas em Garcia (2003) e Schaeffer et alii (2005). A “base” considerada, assim como nas tabelas que se seguirão, representa a parcela do consumo (de energia elétrica na indústria) onde a medida se aplica (no caso, cargas motrizes). A “penetração” significa a parcela da carga considerada onde se considera que a medida pode ser aplicada até 2030[1]. O “% indústria”, por conseqüência, é o produto da “base” pelo “potencial” da medida e pela “penetração”.

1 Neste caso específico, significa que dos 68% de carga motriz na indústria, considera-se que 80% são de motores trifásicos de indução, de 1 a 250 cv (onde se aplicam as regulamentações citadas), que ainda não são de alto rendimento.

Tabela 4- Uso de motores de alto rendimento

Medida	Base		Técnico	Econômico	Mercado
Lei Eficiência Energética – Decreto 4.508/2002	68%	Potencial	1,1%	1,1%	1,1%
		Penetração	80%	80%	80%
		% indústria	0,6%	0,6%	0,6%
Lei Eficiência Energética – Portaria 553/2005	68%	Potencial	1,7%	1,7%	1,7%
		Penetração	80%	80%	80%
		% indústria	0,9%	0,9%	0,9%

Adequação à carga

A adequação à carga se aplica a uma grande parcela dos motores industriais, sendo, na média, sem custo ou com custo negativo, se considerada a troca ao final da vida útil dos motores.

Tabela 5 - Adequação dos motores à carga acionada

Medida	Base		Técnico	Econômico	Mercado
Adequação à carga	68%	Potencial	1,0%	1,0%	1,0%
		Penetração	80%	60%	40%
		% indústria	0,5%	0,4%	0,3%

Uso de acionadores

Esta medida é a que tem maior potencial na indústria. Considerou-se aplicável a 50% da carga motriz, como na Tabela 6.

Tabela 6 - Uso de acionadores Medida

Medida	Base		Técnico	Econômico	Mercado
Uso de Acionadores	34%	Potencial	40,0%	30,0%	20,0%
		Penetração	80%	60%	50%
		% indústria	10,9%	6,1%	3,4%

2.1.2. Bombas

Resumiu-se a aplicação de MEE a sistemas de bombeamento a duas medidas: eficientização da bomba em si e eficientização do sistema. Recomenda a boa técnica que primeiro se faça a redução da necessidade de energia através de um sistema mais eficiente, para então procurar adequar o equipamento – caso contrário, o equipamento pode ficar superdimensionado. A rigor, deveria se descontar o potencial de sistemas eficientes à base de bombas eficientes, assim como em várias outras medidas de aplicação ao mesmo sistema de uso de energia (por exemplo, sistema de bombeamento – bomba – motor – acionador). Como as incertezas são grandes, deixou-se este passo para um aperfeiçoamento da base de dados.

Tabela 7 - Eficientização de sistemas de bombeamento

Medida	Base		Técnico	Econômico	Mercado
Bombas - equipamentos eficientes	13%	Potencial	10,0%	7,5%	5,0%
		Penetração	80%	60%	40%
		% indústria	1,0%	0,6%	0,3%
Bombas - sistemas eficientes	13%	Potencial	20,0%	15,0%	10,0%
		Penetração	80%	60%	40%
		% indústria	2,0%	1,1%	0,5%

2.1.3. Ventiladores

As considerações para ventiladores são semelhantes às de bombas.

Tabela 8 - Eficientização de sistemas de ventilação

Medida	Base		Técnico	Econômico	Mercado
Ventiladores - equipamentos eficientes	9%	Potencial	10,0%	7,5%	5,0%
		Penetração	80%	60%	40%
		% indústria	0,7%	0,4%	0,2%
Ventiladores - sistemas eficientes	9%	Potencial	80,0%	30,0%	20,0%
		Penetração	80%	60%	40%
		% indústria	6,0%	1,7%	0,7%

2.1.4. Compressores de ar

Para os sistemas de ar comprimido, considerou-se separadamente o controle de vazamentos do sistema, que é uma medida de baixo custo, porém de grande repercussão no consumo de energia se aplicada de maneira sistemática. A outra medida seria composta pela eficientização de equipamentos e sistemas, inclusive melhores controles.

Tabela 9 - Eficientização de sistemas de ar comprimido

Medida	Base		Técnico	Econômico	Mercado
Controle de vazamentos	10%	Potencial	30,0%	25,0%	20,0%
		Penetração	90%	70%	60%
		% indústria	2,7%	1,7%	1,2%
Sistemas e equipamentos mais eficientes	10%	Potencial	25,0%	20,0%	15,0%
		Penetração	80%	50%	40%
		% indústria	2,0%	1,0%	0,6%

2.1.5. Sistemas de refrigeração

Para sistemas de refrigeração, também as MEE foram separadas em duas medidas: eficientização de equipamentos e eficientização de sistemas, inclusive controles.

Tabela 10 - Eficientização de sistemas de refrigeração

Medida	Base		Técnico	Econômico	Mercado
Equipamentos eficientes	5%	Potencial	20,0%	15,0%	10,0%
		Penetração	80%	60%	40%
		% indústria	0,8%	0,5%	0,2%
Sistemas e controles mais eficientes	5%	Potencial	30,0%	25,0%	20,0%
		Penetração	80%	60%	40%
		% indústria	1,2%	0,8%	0,4%

Fonte: EPE.

2.1.6. Outros equipamentos

É onde menos se dispõem de dados. Assim, consideramos uma única medida, reunindo todas as possíveis, comentadas na nota de caracterização técnico-econômica de eficiência energética (EPE, 2006b).

Tabela 11 - Equipamentos de manuseio e processamento

Medida	Base		Técnico	Econômico	Mercado
Equipamentos e sistemas mais eficientes	28%	Potencial	10,0%	7,5%	5,0%
		Penetração	60%	40%	30%
		% indústria	1,7%	0,8%	0,4%

2.2. Calor de processo

Repetem-se na Tabela 12 os números citados na nota de caracterização técnico-econômica de eficiência energética (EPE, 2006b) para referência do uso de calor de processo na indústria brasileira.

Tabela 12 - Uso de calor de processo na indústria

Setores Industriais	En. total GWh/ano	Destinação [1]	En. final GWh/ano	Coef. EE [1]	Coef. Ref. [1]	E. útil GWh/a	Potencial GWh/a
Cimento	3.754,0	-	-	0,940	0,950	-	-
Ferro-gusa e aço	16.889,0	2%	322	0,940	0,960	303	6,7
Ferro-ligas	7.659,0	-	-	0,940	0,950	-	-
Mineração e pelotização	9.292,0	2%	139	0,950	0,960	132	1,5
Não ferrosos	33.907,0	0,04%	12	0,950	0,960	11	0,1
Química	21.612,0	2%	402	0,970	0,980	390	4,1
Alimentos e bebidas	19.851,0	7%	1.410	0,970	0,980	1.368	14,4
Têxtil	7.776,0	-	-	0,970	0,980	-	-
Papel e celulose	14.098,0	3%	423	0,970	0,980	410	4,3
Cerâmica	3.050,0	-	-	0,940	0,950	-	-
Outros	34.173,0	2%	519	0,940	0,950	488	5,5
Total	**358.525**	**7%**	**3.228**	**0,961**	**0,972**	**3.103**	**36,6**
							0,2%

Fonte: EPE, a partir de BEN 2005, EPE, 2005 e BEU 2005, MME, 2005.

Apesar do pequeno potencial, dividiram-se as medidas em caldeiras mais eficientes e sistemas de uso do vapor mais eficientes.

Tabela 13 - MEE no uso de calor de processo

Medida	Base		Técnico	Econômico	Mercado
Caldeiras eficientes	2%	Potencial	10,0%	5,0%	3,0%
		Penetração	60%	40%	20%
		% indústria	0,1%	0,0%	0,0%
Sistemas de vapor mais eficientes	2%	Potencial	20,0%	15,0%	10,0%
		Penetração	90%	70%	50%
		% indústria	0,3%	0,2%	0,1%

2.3. Aquecimento direto

A Tabela 14 resume o uso de fornos elétricos industriais.

Tabela 14 - Uso de aquecimento direto na indústria

Setores industriais	En. total GWh/ano	Destina-ção [1]	En. Final GWh/ano	Coef. EE [1]	Coef. Ref. [1]	En. útil GWh/a	Potencial GWh/a
Cimento	3.754	-	-	0,550	0,550	-	-
Ferro-gusa e aço	16.889	5%	912	0,600	0,700	547	130
Ferro-ligas	7.659	97%	7.391	0,600	0,680	4.435	870
Mineração e pelotização	9.292	4%	372	0,550	0,550	204	-
Não ferrosos	33.907	30%	10.338	0,550	0,700	5.686	2.215
Química	21.612	2%	402	0,690	0,750	277	32
Alimentos e bebidas	19.851	7%	1.420	0,650	0,700	923	101
Têxtil	7.776	-	-	0,550	0,550	-	-
Papel e celulose	14.098	-	-	0,550	0,550	-	-
Cerâmica	3.050	6%	195	0,580	0,620	113	13
Outros	34.173	19%	6.623	0,550	0,550	3.643	-
Total	**172.061**	**16%**	**27.653**	**0,572**	**0,652**	**15.828**	**3.361**
							12,2%

Fonte: EPE, a partir de BEN 2005, EPE, 2005 e BEU 2005, MME, 2005.

A Tabela 15 Tabela 14 indica os potenciais de uso mais eficiente da energia em aquecimento direto no setor secundário.

Tabela 15 - MEE no uso de aquecimento direto

Medida	Base		Técnico	Econômico	Mercado
Fornos eficientes	16%	Potencial	10,0%	7,5%	5,0%
		Penetração	60%	40%	30%
		% indústria	1,0%	0,5%	0,2%
Processos de aquecimento direto mais eficientes	16%	Potencial	5,0%	3,0%	2,0%
		Penetração	60%	40%	30%
		% indústria	0,5%	0,2%	0,1%

2.4. Iluminação

O perfil do uso da iluminação fabril está na Tabela 16.

Tabela 16 - Uso de iluminação na indústria brasileira

Setor industrial	En. total GWh/a	Destinação [1]	En. Final GWh/a	Coef. EE [1]	Coef. Ref. [1]	En. útil GWh/a	Potencial GWh/a
Ferro-gusa e aço	16.889,0	0,036	606,0	0,245	0,290	148,5	94,0
Ferro-ligas	7.659,0	0,004	31,4	0,240	0,280	7,5	4,5
Mineração e pelotização	9.292,0	0,020	188,2	0,245	0,290	46,1	29,2
Não ferrosos	33.907,0	0,002	55,9	0,245	0,290	13,7	8,7
Química	21.612,0	0,026	556,7	0,240	0,280	133,6	79,5
Alimentos e bebidas	19.851,0	0,046	909,8	0,240	0,280	218,4	130,0
Têxtil	7.776,0	0,020	155,5	0,240	0,280	37,3	22,2
Papel e celulose	14.098,0	0,016	228,7	0,245	0,290	56,0	35,5
Cerâmica	3.050,0	0,036	109,8	0,240	0,280	26,4	15,7
Outros	34.173,0	0,075	2.556,1	0,240	0,280	613,5	365,2
Total	**172.061,0**	**0,032**	**5.445,1**	**0,241**	**0,282**	**1.312,5**	**791,7**

Fonte: EPE, a partir de dados do BEN 2005, EPE, 2005 e BEU 2005, MME, 2005.

A consideração de medidas de eficiência energética no uso da iluminação elétrica, tais como maior uso da iluminação natural, controles mais eficientes e lâmpadas, reatores e luminárias com melhor rendimento energético resulta na Tabela 17.

Tabela 17 - MEE no uso de iluminação

Medida	Base		Técnico	Econômico	Mercado
Iluminação mais eficiente	3%	Potencial	60,0%	40,0%	30,0%
		Penetração	60%	40%	30%
		% indústria	1,1%	0,5%	0,3%

2.5. Eletroquímica

A Tabela 18 resume os dados combinados do BEN (EPE, 2005) e BEU (MME, 2005) para o uso de eletrólise na indústria.

Tabela 18 - Eletroquímica na indústria brasileira

Setores	En. Final	Destinação	Final	Coef. EE	Coef. Ref.	En. útil	Potencial
	GWh/ano	[1]	GWh/ano	[1]	[1]	GWh/a	GWh/a
Ferro-gusa e aço	16.889,0	0,056	938,6	0,570	0,590	535,0	31,8
Ferro-ligas	7.659,0	-	-	-	-	-	-
Mineração e pelotização	9.292,0	-	-	-	-	-	-
Não ferrosos	33.907,0	0,389	13.196,6	0,535	0,635	7.060,2	2.078,2
Química	21.612,0	0,174	3.752,8	0,580	0,620	2.176,6	242,1
Alimentos e bebidas	19.851,0	0,004	69,5	-	-	-	69,5
Têxtil	7.776,0	-	-	-	-	-	-
Papel e celulose	14.098,0	-	-	-	-	-	-
Cerâmica	3.050,0	-	-	-	-	-	-
Outros	34.173,0	-	-	0,570	0,590	-	-
Total indústria	**172.061,0**	**0,104**	**17.957,5**	**0,544**	**0,629**	**9.771,8**	**2.421,6**

Fonte: EPE, a partir de dados do BEN 2005, EPE, 2005 e BEU 2005, MME, 2005.

A Tabela 19 mostra o potencial possível de ser atingido pelas medidas de eficientização comentadas na nota técnica de caracterização técnico-econômica de eficiência energética (EPE, 2006b).

Tabela 19 - Eficientização da eletrólise

Medida	Base		Técnico	Econômico	Mercado
Na redução do alumínio	8%	Potencial	5,0%	4,0%	3,0%
		Penetração	70%	40%	30%
		% indústria	0,3%	0,1%	0,1%
Nos processos de soda-cloro	2%	Potencial	10,0%	7,5%	5,0%
		Penetração	70%	40%	30%
		% indústria	0,2%	0,1%	0,0%

2.6. Gerenciamento energético

A gestão energética numa empresa, além de consolidar e garantir o resultado das aplicações de MEE, gera resultados adicionais, como a proporcionada pela ação de MT&R (Monitoring, Targeting and Reporting – ver nota de caracterização técnico-econômica de eficiência energética (EPE, 2006b). Assim, consideramos para estas ações o potencial da Tabela 20.

Tabela 20 - MEE no uso de iluminação

Medida	Base		Técnico	Econômico	Mercado
Gerenciamento energético	100%	Potencial	10,0%	5,0%	3,0%
		Penetração	70%	60%	50%
		% indústria	7,0%	3,0%	1,5%

2.7. Resumo do setor industrial

Resumindo o potencial do setor industrial, apresenta-se a Tabela 21.

Tabela 21 - Potencial de conservação na indústria

Uso final	Técnico	Econômico	Mercado
Força motriz	31%	17%	10%
Calor de processo	0%	0%	0%
Aquecimento direto	1%	1%	0%
Iluminação	1%	1%	0%
Eletroquímica	0%	0%	0%
Geral	7%	3%	2%
Total	**41%**	**21%**	**12%**

3. Setores comercial e público

O perfil de consumo de energia elétrica nos setores comercial e público, feita pela conjugação dos dados do BEN 2005 (EPE, 2005) e BEU 2005 (MME, 2005), está na Tabela 22.

Tabela 22 - Uso da eletricidade nos Setores Comercial e Público (energia final)

	Força motriz	Calor de processo	Aquecimento direto	Refrigeração	Iluminação	Outras	Total
Setor Comercial	9%	0,4%	5%	21%	26%	1%	62%
Setor Público	10%	0,1%	1%	7%	19%	1%	38%
Total	**20%**	**0,4%**	**6%**	**28%**	**45%**	**2%**	**100%**

Fonte: BEN 2005, EPE, 2005 e BEU 2005, MME, 2005.

Iluminação responde por quase metade do consumo e refrigeração (que inclui os equipamentos de refrigeração propriamente ditos e condicionamento ambiental) quase um terço. Força motriz representa um quinto da eletricidade usada, o que significa que por motores elétricos passa metade da eletricidade consumida nos dois setores.

3.1. Força motriz

Há poucos dados disponíveis sobre este uso nos setores comercial e público. Bombas têm um importante papel no setor de águas e saneamento, ventiladores são mais usados em condicionamento ambiental, compressores de ar são usados em muitos tipos de comércio – oficinas, recauchutadoras, postos, etc., refrige-

ração e ar condicionado têm o uso difundido em ambos os setores e máquinas específicas são utilizadas em vários setores - padarias, confecções, restaurantes, etc. Foi suposta, portanto, a distribuição por uso final apresentada na Tabela 23, ressaltando a necessidade de pesquisas para melhor conhecimento do uso da energia nesses setores.

Tabela 23 - Distribuição do uso final em força motriz nos Setores Comercial e Público

Bombas	30%
Ventiladores	20%
Compressores de ar	15%
Manuseio	15%
Processamento	15%
Outros	5%
Total	**100%**

■ 3.1.1. Motores elétricos

As MEE para tornar mais eficiente o uso de motores elétricos são basicamente as mesmas da indústria. No entanto, nestes setores é significativo o uso de motores monofásicos, cuja variedade é bem maior que os trifásicos. Não existe ainda padronização de eficiência energética para estes motores, nem participam do PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem. Esta é uma possibilidade até 2030, com possíveis bons impactos no consumo de energia. As medidas sugeridas na Tabela 24, embora mais voltadas para os motores trifásicos, englobam também estas possibilidades para os monofásicos.

Tabela 24 - Uso de motores de alto rendimento

Medida	Base		Técnico	Econômico	Mercado
Lei Eficiência Energética – Decreto 4.508/2002	47%	Potencial	1,1%	1,1%	1,1%
		Penetração	90%	90%	90%
		% setores	0,5%	0,5%	0,5%
Lei Eficiência Energética – Portaria 553/2005	47%	Potencial	1,7%	1,7%	1,7%
		Penetração	90%	90%	90%
		% setores	0,7%	0,7%	0,7%

Também se aplicam as medidas de adequação à carga e uso de acionadores (ver Tabela 25), em especial os acionadores de velocidade ajustável – AVAs (conversores de freqüência), já comentadas no item 2.1.1 para o setor industrial. Estas medidas também se aplicam aos motores monofásicos, embora menos dados para estes estejam disponíveis.

Tabela 25 - Adequação à carga e uso de acionadores

Medida	Base		Técnico	Econômico	Mercado
Adequação à carga	47%	Potencial	1,0%	1,0%	1,0%
		Penetração	90%	60%	40%
		% setores	0,4%	0,3%	0,2%
Uso de acionadores	24%	Potencial	40,0%	30,0%	20,0%
		Custo (US$/MWh)		30	60
		Penetração	80%	60%	50%
		% setores	7,5%	4,2%	2,4%

■ 3.1.2. Cargas motrizes

Às cargas motrizes – bombas, ventiladores, equipamentos de ventilação e ar condicionado, compressores de ar, equipamentos de manuseio e processamento, se aplicam medidas semelhantes às já comentadas para o setor industrial, resultando nos números da Tabela 26.

Tabela 26 - Eficientização de cargas motrizes

Medida	Base		Técnico	Econômico	Mercado
Bombas - equipamentos eficientes	14%	Potencial	10,0%	7,5%	5,0%
		Penetração	80%	60%	40%
		% setor	1,1%	0,6%	0,3%
Bombas - sistemas eficientes	14%	Potencial	20,0%	15,0%	10,0%
		Penetração	80%	60%	40%
		% setor	2,3%	1,3%	0,6%
Ventiladores - equipamentos eficientes	9%	Potencial	10,0%	7,5%	5,0%
		Penetração	80%	60%	40%
		% setor	0,8%	0,4%	0,2%
Ventiladores - sistemas eficientes	9%	Potencial	80,0%	30,0%	20,0%
		Penetração	80%	60%	40%
		% setor	6,0%	1,7%	0,8%
Compressores de ar - vazamentos	7%	Potencial	30,0%	25,0%	20,0%
		Penetração	90%	70%	60%
		% setor	1,9%	1,2%	0,8%
Compressores de ar - equipamentos e sistemas	7%	Potencial	25,0%	20,0%	15,0%
		Penetração	80%	50%	40%
		% setor	1,4%	0,7%	0,4%
Refrigeração - equipamentos eficientes	28%	Potencial	20,0%	15,0%	10,0%
		Penetração	80%	60%	40%
		% setor	4,4%	2,5%	1,1%
Refrigeração - controles e sistemas eficientes	28%	Potencial	30,0%	25,0%	20,0%
		Penetração	80%	60%	40%
		% setor	6,6%	4,1%	2,2%
Equipamentos de manuseio e processamento	6%	Potencial	10,0%	7,5%	5,0%
		Penetração	60%	40%	30%
		% setor	0,4%	0,2%	0,1%

3.2. Calor de processo

É muito pequena a geração de vapor por eletricidade – algumas pequenas caldeiras em hospitais, hotéis e lavanderias. No entanto, aplicam-se os valores comentados no setor industrial ao uso do vapor nos setores comercial e público, resultando na Tabela 27.

Tabela 27 - Eficientização no uso do vapor

Medida	Base		Técnico	Econômico	Mercado
Eficientização de caldeiras	0,4%	Potencial	10,0%	5,0%	3,0%
		Penetração	60%	40%	20%
		% setores	0,03%	0,01%	0,003%
Eficientização no uso do vapor	0,4%	Potencial	20,0%	15,0%	10,0%
		Penetração	90%	70%	50%
		% setores	0,1%	0,05%	0,02%

3.3. Aquecimento direto

Também é reduzida a participação do aquecimento direto por eletricidade nos setores comercial e público: fornos em algumas atividades, como padarias, secadores de roupa, etc. Como a conversão é feita por resistores, a eficiência energética da transformação é grande, porém há otimizações que podem ser feitas através do controle do processo, otimizando a carga, reduzindo tempos "mortos" entre operações, evitando as perdas por paredes e portas, melhorando o controle da temperatura. Os investimentos são, em geral, pequenos embora os ganhos também não sejam grandes. O potencial foi estimado como na Tabela 30.

Tabela 28 - Eficientização em aquecimento direto

Medida	Base		Técnico	Econômico	Mercado
Eficientização de fornos	6%	Potencial	10,0%	7,5%	5,0%
		Penetração	60%	40%	30%
		% setores	0,3%	0,2%	0,1%
Eficientização do processo de aquecimento	6%	Potencial	5,0%	3,0%	2,0%
		Penetração	60%	40%	30%
		% setores	0,2%	0,1%	0,03%

3.4. Iluminação

São grandes os potenciais de melhor uso da energia em iluminação elétrica nos setores comercial e público. Muito já tem sido feito, mas ainda restam boas oportunidades de melhoria. O setor de iluminação pública tem recebido grandes incentivos para melhor eficiência, mormente com o uso de lâmpadas a vapor de sódio, adequadas a este tipo de iluminação, que não requer boa reprodução de cores. Lourenço L. F. da Silva (2006) elaborou estudo com ampla abordagem do assunto. O autor identificou um potencial técnico ainda existente de 7,5 milhões de lâmpadas a substituir, entre incandescentes, mistas e vapor de mercúrio, chegando a uma economia de 1.322 GWh/ano (13%). O potencial econômico estimado foi baseado num custo médio de troca de 301 R$/ponto, chegando a economias da ordem de 10%. Também o cenário "de mercado" apresentou economias desta ordem.

Com as considerações feitas na Nota de Caracterização Técnico-Econômica de Eficiência Energética (EPE, 2006b), chegamos aos potenciais apresentados na Tabela 29.

Tabela 29 - Eficientização em iluminação

Medida	Base		Técnico	Econômico	Mercado
Eficientização da iluminação	45%	Potencial	60,0%	40,0%	30,0%
		Penetração	60%	40%	30%
		% setores	16,1%	7,2%	4,0%

3.5. Gerenciamento energético

Como na indústria, uma gestão energética é essencial para que as MEEs implantadas tenham continuidade ao longo do tempo e ganhos adicionais podem ser obtidos.

Os ganhos adicionais se referem mais a mudanças de hábitos, resultando na Tabela 30.

Tabela 30 - Economia e custos de gestão energética

Medida	Base		Técnico	Econômico	Mercado
Gerenciamento energético	100%	Potencial	10,0%	5,0%	3,0%
		Penetração	70%	60%	50%
		% setores	7,0%	3,0%	1,5%

3.6. Resumo dos setores comercial e público

Sumarizando os potenciais considerados nos Setores Comercial e Público chega-se à Tabela 31.

Tabela 31 - Resumo dos potenciais dos setores comercial e público

Uso final	Técnico	Econômico	Mercado
Força motriz	34%	18%	10%
Calor de processo	0,1%	0,1%	0,03%
Aquecimento direto	1%	0,2%	0,1%
Iluminação	16%	7%	4%
Geral	7%	3%	2%
Total	**58%**	**29%**	**16%**

4. Setor residencial

De acordo com EPE (2006b), a estrutura de consumo de energia elétrica no setor residencial é apresentada na Tabela 32.

Tabela 32 - Consumo de energia elétrica no setor residencial por uso final

Uso final	Participação
Refrigeração	34%
Refrigeradores	28%
Freezers	6%
Aquecimento de água	25%
Iluminação	21%
Condicionamento ambiental	3%
Outros usos	17%
Total	**100%**

Fonte: EPE, 2006b.

Por sua vez, o BEU 2005 (MME, 2005) apresenta o consumo de eletricidade no setor residencial desagregado entre os usos apresentados na Tabela 33.

Tabela 33 - Uso da eletricidade no setor residencial (energia final)

Força motriz	Calor deprocesso	Aquecimento direto	Refrigeração	Iluminação	Outras	Total
3%	26%	8%	32%	24%	7%	100%

Nota: O BEU classifica como Refrigeração a energia consumida em geladeiras, freezers e aparelhos de ar condicionado; Calor de Processo a energia usada em aquecedores de água; Aquecimento Direto a energia usada em fornos e microondas; Iluminação a energia usada em iluminação de interiores e externa; Força Motriz a energia consumida em motores estacionários e Outros Usos a energia usada em computadores, telecomunicações e equipamentos eletrônicos de controle.
Fonte: BEN 2005, EPE, 2006 e BEU 2005, MME, 2005.

Em ambos os estudos, a refrigeração responde pelo maior consumo de eletricidade. Os refrigeradores são, de fato, os equipamentos que mais consomem eletricidade nos domicílios brasileiros. O chuveiro elétrico é responsável pelo segundo maior consumo e a iluminação pelo terceiro. Embora sua contribuição para a média nacional seja relativamente baixa, o consumo de eletricidade em condicionadores de ar se mostra expressivo em regiões onde as temperaturas médias são mais elevadas e/ou que apresentam maior renda *per capita*.

Na tabela a seguir são apresentados os coeficientes de eficiência energética adotados no BEU 2005, bem como os limites considerados atingíveis (coeficientes de referência) e o potencial de economia estimado para o setor residencial em relação ao ano de 2005.

Tabela 34 - Potencial de eficiência energética segundo o BEU - setor residencial

	F.M.	C.P.	A.D.	Refrig.	Ilumin.	Outras	Total
Coeficientes de eficiência energética [1]							
	0,750	1,000	0,700	0,600	0,090	1,000	0,622
Coeficientes de eficiência de referência [1]							
	F.M.	**C.P.**	**A.D.**	**Refrig.**	**Ilumin.**	**Outras**	**Total**
	0,830	1,000	0,800	0,700	0,172	1,000	0,752
Distribuição de energia útil ([GWh)/ano]							
	F.M.	**C.P.**	**A.D.**	**Refrig.**	**Ilumin.**	**Outras**	**Total**
	1.768,0	20.430,0	4.400,3	15.086,8	1.697,3	5.500,4	48.882,8
Potencial de economia de energia [GWh/ano]							
	F.M.	**C.P.**	**A.D.**	**Refrig.**	**Ilumin.**	**Outras**	**Total**
	227,2	-	785,8	3.592,1	8.990,7	-	13.595,7
Economia %	9,6%	-	12,5%	14,3%	47,7%	-	17,3%

Nota: O BEU classifica como Refrigeração (Refrig.) a energia consumida em geladeiras, freezers e aparelhos de ar condicionado; Calor de Processo (C.P.) a energia usada em aquecedores de água; Aquecimento Direto (A.D.) a energia usada em fornos e microondas;Iluminação (Ilumin.) a energia usada em iluminação de interiores e externa; Força Motriz (F.M.) a energia consumida em motores estacionários e Outros Usos a energia usada em computadores, telecomunicações e equipamentos eletrônicos de controle.

Fonte: BEN 2005, EPE, 2006 e BEU 2005, MME, 2005.

Com base em estimativas sobre o rendimento médio dos equipamentos atualmente existentes nos domicílios, a participação de cada uso no consumo residencial de eletricidade e em um limite superior para a eficiência (coeficientes de referência), o BEU estabelece os potenciais de economia para cada uso final no ano de 2005. A iluminação é o uso que apresenta o maior potencial de economia, quase 48%. De fato, segundo PROCEL (2006), a maior parte das lâmpadas presentes nos domicílios é do tipo incandescente[2], que apresenta uma eficiência muito baixa. Em contrapartida, o BEU não considera nenhuma economia possível para o aquecimento de água. Embora os chuveiros elétricos sejam muito eficientes na conversão de energia elétrica em térmica, apresentam elevado consumo e contribuem significativamente para a demanda máxima do Sistema Interligado Nacional - SIN. Nesse sentido, mais do que considerar somente a eficiência do equipamento, é preciso levar em consideração o impacto do seu uso para o SIN.

A primeira etapa para a determinação do potencial de conservação de energia elétrica no setor residencial consistiu no levantamento dos usos finais mais representativos do consumo neste setor. A seguir, para os usos selecionados foram identificadas as tecnologias em uso e as alternativas mais eficientes disponíveis no mercado nacional. Esta caracterização foi objeto da nota técnica sobre caracterização técnico-econômica da eficiência energética (EPE, 2006b). O potencial técnico de conservação de energia elétrica no setor residencial foi estimado, portanto, partindo das informações contidas na nota técnica supracitada e com base na literatura existente sobre o assunto.

2 O tipo predominante é a incandescente de 60W, correspondendo a 37% das lâmpadas existentes nos domicílios (PROCEL, 2006).

4.1. Refrigeração

A MEE considerada para o aumento da eficiência da refrigeração consistiu na substituição de refrigeradores e *freezers* por equipamentos mais eficientes. Deve-se notar que durante a pesquisa de preços destes equipamentos para a determinação do potencial econômico verificou-se que, aparentemente, seus preços não são tão sensíveis a eficiência energética como o são para outros fatores tais como preferência do consumidor por modelos que apresentem degelo automático e *design* diferenciado. Os potenciais são apresentados na Tabela 35.

Tabela 35 - Eficientização em refrigeração

Medida	Base		Técnico	Econômico	Mercado
Refrigeradores eficientes	28%	Potencial	45%	35%	20%
		Penetração	90%	70%	40%
		% setor	11,3%	6,9%	2,2%
Freezers eficientes	6%	Potencial	25,0%	18,0%	10,0%
		Penetração	90%	70%	40%
		% setor	1,4%	0,8%	0,2%

4.2. Condicionamento ambiental

A substituição de condicionadores de ar por equipamentos mais eficientes apresenta contribuição muito pequena para a conservação de energia elétrica no setor residencial, conforme mostrado na Tabela 36.

Tabela 36 - Eficientização em condicionamento ambiental

Medida	Base		Técnico	Econômico	Mercado
Condicionadores eficientes	3%	Potencial	40%	30%	15%
		Penetração	90%	70%	40%
		% setor	1,1%	0,6%	0,2%

4.3. Iluminação

Embora o ganho de eficiência proporcionado pelo uso de lâmpadas fluorescentes compactas em substituição às atuais incandescentes, presentes na maior parte dos domicílios brasileiros, seja significativo, o potencial considerado de mercado para esta medida é de apenas 1,3%. De fato, o maior esforço por parte dos consumidores residenciais neste sentido foi feito durante o racionamento de energia elétrica ocorrido entre os anos de 2001 e 2002. De acordo com PROCEL INFO (2006), neste período menos da metade dos domicílios substituiu suas lâmpadas incandescentes por modelos mais eficientes. Desta forma, embora ainda restem boas oportunidades de melhoria, o consumidor residencial parece não estar disposto a abrir mão de sua preferência pelo conforto visual proporcionado pelas lâmpadas incandescentes em favor da eficiência energética.

Os potenciais para a iluminação residencial são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 37 - Eficientização em iluminação

Medida	Base		Técnico	Econômico	Mercado
Eficientização da iluminação	21%	Potencial	70,0%	50,0%	30,0%
		Penetração	50%	40%	20%
		% setor	7,4%	4,2%	1,3%

4.4. Aquecimento d' água

Para a eficientização do uso da energia elétrica para aquecimento de água consideraram-se separadamente duas alternativas para a substituição do chuveiro elétrico: sistemas de aquecimento solar – compostos por coletores solares, reservatório térmico e reservatório térmico auxiliar (como comentado na nota de caracterização técnico-econômica de eficiência energética – EPE, 2006b) – e aquecedores a gás. Considerou-se a primeira alternativa restrita aos domicílios com área suficiente para a instalação dos coletores. A segundo alternativa proposta, por sua vez, está limitada aos domicílios com acesso à rede de distribuição de gás.

Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 38.

Tabela 38- Eficientização em aquecimento de água

Medida	Base		Técnico	Econômico	Mercado
Sistemas de aquecimento solar	25%	Potencial	65%	33%	25%
		Penetração	60%	30%	23%
		% setor	9,8%	2,5%	1,4%
Aquecedores a gás	25%	Potencial	100%	65%	40%
		Custo (US$/MWh)		50	100
		Penetração	5%	3%	2%
		% setor	1,3%	0,5%	0,2%

4.5. Resumo do setor residencial

O potencial do setor residencial apresenta-se resumido na Tabela 39.

Tabela 39 - Potencial de conservação no setor residencial

Uso final	Técnico	Econômico	Mercado
Refrigeração	13%	8%	2%
Condicionamento ambiental	1,1%	0,6%	0,2%
Iluminação	7%	4%	1%
Aquecimento de água	11%	3%	2%
Total	**32%**	**15%**	**6%**

5. Outros estudos

O PPE/COPPE/UFRJ realizou um estudo de "Estimativa do Potencial de Conservação de Energia Elétrica pelo Lado da Demanda no Brasil" (SCHAEFFER et alii, 1998), abordando os setores residencial, comercial e industrial. No setor comercial, foram analisados os sub-setores hotéis e *shopping-centers*; no setor industrial, os sub-setores cimento e ferro-gusa e aço.

No setor residencial foi considerado o uso de equipamentos eletrodomésticos mais eficientes para os usos finais refrigeração, aquecimento de água, iluminação e condicionamento de ar, mais representativos do consumo de eletricidade, identificando-se as tecnologias eficientes disponíveis no mercado nacional. A análise do potencial levou aos números apresentados na Tabela 40, ao fim do horizonte de trabalho (2020).

Tabela 40 - Potencial do setor residencial em 2020

Consumo 2020 (GWh)	208.401	
Técnico	58.386	28%
Econômico	29.454	14%
Mercado I	24.694	12%
Mercado II	15.731	8%
Mercado III	31.027	15%

Fonte: Schaeffer et alii, 1998.

O cenário econômico é caracterizado por um benefício maior que o custo. O de mercado I pressupõe uma TIR maior que 35%, o que seria viável na ótica do consumidor; o mercado II apenas seleciona as medidas que viabilizam 25% do cenário técnico e o mercado III 50%.

O sub-setor hotéis foi dividido em 3 grupos: os mais simples (1 a 3 estrelas da Embratur - Grupo 1 – consumo de 3,45 kWh/mês/m^2), os sofisticados (Grupo 2 – 4 a 5 estrelas – 13,2 kWh/mês/m^2) e os muito simples (sem classificação – Grupo 3 – 1,35 kWh/mês/m^2). O consumo de energia elétrica por uso final é apresentado na Tabela 41.

Tabela 41 - Perfil de consumo em hotéis

	Grupo I	Grupo II	Grupo III
Refrigeração	33,1%	20,7%	25,0%
Iluminação	11,2%	15,6%	38,7%
Condicionamento de ar	3,3%	17,6%	1,2%
Aquecimento de água	23,4%	14,4%	29,1%
Transporte vertical	-	3,4%	-
Outros	29,0%	28,4%	6,2%

Fonte: Schaeffer et alii, 1998.

Foram consideradas MEE nos usos finais acima, tanto com substituição de equipamentos como medidas de racionalização do uso. No aquecimento de água (calor de processo), foram considerados o uso de pré-aquecedores solares, boilers a gás e chuveiros com seletor de temperatura.

O potencial de redução de consumo de eletricidade foi calculado como na Tabela 42.

Tabela 42 - Potencial de redução de consumo em hotéis (até 2020)

Cenário	Grupo I	Grupo II	Grupo III
Técnico	21%	26%	26%
Econômico	18%	25%	18%
Mercado I	16%	18%	15%
Mercado II	12%	12%	15%
Mercado III	17%	21%	18%

Fonte: Schaeffer et alii, 1998.

Na caracterização do sub-setor *shopping-centers*, 49% é devido à iluminação, 34% ao condicionamento ambiental, 6% à refrigeração, 6% à cocção de alimentos, e 5% a outros usos. As MEE consideradas foram eficientização da iluminação, do condicionamento ambiental, do transporte vertical e dos outros usos, além da implantação de um sistema de cogeração a gás natural, com geração de energia elétrica e água gelada por sistema de absorção. Assim, os potenciais obtidos foram grandes, como se pode ver na Tabela 43.

Tabela 43 - Potencial de redução de consumo em shopping (até 2020)

Cenário	Redução
Técnico	58%
Econômico	57%
Mercado I	37%
Mercado II	25%
Mercado III	34%

Fonte: Schaeffer et alii, 1998.

No sub-setor Cimento foram consideradas as seguintes MEE: uso de motores de alto rendimento de 5 a 200 cv, adequação de motores à carga, uso de AVAs, manutenção e melhorias operacionais, iluminação mais eficiente, substituição de moinhos de esferas por moinhos de rolos nas etapas de preparação e moagem final, substituição de circuitos abertos por fechados nestas etapas, automação de sistemas com uso de sistemas especialistas. Estas mudanças poderiam levar a um economia de eletricidade de até 38% (cenário técnico), viáveis também no cenário econômico, e com economias de 11 a 21% em diferentes cenários de mercado utilizados.

No sub-setor Ferro-gusa e aço foram analisadas 3 rotas de fabricação: integradas a coque, a carvão vegetal e semi-integradas. Além das oportunidades em motores, iluminação, manutenção e operação e automação, foram incluídos o aproveitamento de gases para cogeração, o apagamento a seco do coque e a TPRT (*top pressure recovery turbine*) nas usinas integradas a coque, cogeração e TPRT nas a carvão vegetal e pós-combustão em fornos elétricos e melhorias nos fornos nas semi-integradas. O potencial técnico montou a 51,4%, economicamente viável até 47,7% e, nos cenários de mercado, ficou entre 15,9 a 36,1%.

A IAEA (2006) publicou um estudo sobre o perfil energético brasileiro, afirmando que o potencial de conservação de eletricidade no Brasil está entre 20 e 30%, dependendo do setor considerado.

Schaeffer e Szklo (2001) analisam as opções brasileiras para expansão de seu sistema elétrico, concebendo 3 cenários: um, com o perfil atual, chamado de base, prevê o aumento da capacidade instalada de 69,1 GW em 2000 para 136,1 GW em 2020, e estima que a economia de energia proporcionada por programas

de eficiência monte ao equivalente a 18,2 GW (13%); o cenário "ambiental", onde prevalecem as restrições ambientais, teria 127,5 GW instalados, com 36,8 GW conservados (28%); e no cenário de "tecnologias ambientalmente desejáveis", onde só entra geração sem emissão de CO_2, haveria 118,6 GW instalados e 36,8 GW conservados (30%) – todos os cenários supõem um custo nivelado de 30 US$/MWh.

O MME (LEONELLI, 2005) estimou os potenciais apresentados na Tabela 44, sempre a um custo de 130 R$/MWh (aproximadamente 50 US$/MWh pelo câmbio de 2005).

Tabela 44 - Potencial de conservação de energia - MME

Setor (TWh 2004)	Consumo	Potencial	%	Fonte
Industrial	172	9,2	5%	Abesco
Comercial	50	5,6	11%	Abesco
Público	30,1	1,6	5%	Abesco
Iluminação pública	9,3	1,3	14%	Reluz
Saneamento	7,3	1,5	20%	Abesco
Residencial	78,6	7,5	10%	
Outros	29	3	10%	
Total	**359,7**	**26,9**	**7%**	

Fonte: Leonelli, 2005 e BEN 2005, EPE, 2005.

A WWF elaborou estudo para construção de um cenário alternativo de energia para o Brasil em 2020 considerando, entre outras ações, uma forte penetração de eficiência energética. A Tabela 45 resume as considerações sobre o potencial estimado.

Tabela 45 - MEE estimadas pela WWF

Setor	Uso final	Cen. Tend. GWh/ano	Potencial de economia		
			GWh/ano	%	R$/MWh
Comercial e Público	Iluminação	94.942	29.984	32%	100
Industrial	Outros usos	76.357	17.097	22%	100
Industrial	Aquecimento direto	55.906	13.441	24%	120
Residencial	Chuveiro elétrico	45.949	27.110	59%	100
Comercial e Público	Ar condicionado	44.924	6.340	14%	120
Residencial	Geladeira	44.184	6.178	14%	130
Residencial	Iluminação	31.962	8.606	27%	110
Residencial	Outros usos	25.995	4.340	17%	-
Comercial e Público	Refrigeração	21.214	2.932	14%	130
Residencial	Freezer	17.834	2.715	15%	130
Comercial e Público	Outros usos	15.319	-	0%	-
Residencial	Ar condicionado	6.400	1.847	29%	120
Total		**702.724**	**175.773**	**25%**	**-**

Fonte: WWF, 2006.

A EPE, na elaboração do Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica 2006-2015 (EPE, 2005d), teceu 3 cenários de desenvolvimento – Referência, Alto e Baixo, para cada um estimando a energia elétrica a conservar e destacando:

O valor total do montante de energia elétrica previsto de ser conservado até o ano 2015, considerando que se efetivem políticas e ações para esse objetivo, corresponde a um consumo de 56.303 GWh, distribuído da seguinte forma: residencial: 11.413 GWh, comercial: 13.142 GWh, industrial: 25.506 GWh, outros: 6.242 GWh. Em termos de carga de energia que deixará de ser requerida das fontes de geração, esse total equivale a aproximadamente 7.200 MW médios anuais (EPE, 2006d, p. 32).

Os percentuais médios considerados por setor podem ser vistos na Tabela 46.

Tabela 46 - Parcelas de conservação no PDEE 2006 - 2015

	Referência	Baixo	Alto
Residencial	7,4%	2,3%	11,1%
Comercial	11,4%	4,7%	11,5%
Industrial	9,5%	4,7%	14,5%
Total	**9,5%**	**4,4%**	**13,1%**

Fonte: EPE,2006d.

Estudo mais recente (MME/SPE, 2006) de um grupo técnico formado por vários especialistas do setor, PROCEL e CONPET, coordenados pelo MME, estimou um potencial de eficiência para alguns sub-setores, como mostra a Tabela 47.

Tabela 47 - Exemplos de expectativas de energia conservada por MEE

Sub-Setor/ MEE	Conservação possível em 2030 (TWh) [a]	Consumo em 2030 (TWh) [b]	%
Residencial/Serviços			
Edificações [c]	19,7	205,0	9,6
Iluminação pública[d]	9,1	17,7	51
Saneamento (acionamento de motobombas)	3,0	32,9	9,1
Industrial			
Sistemas industriais de bombeamento, compressão e ventilação	14,6	426,2	3,4
Total[e]	**46,4**	**681,8**	**6,8**

Fonte: MME/SPE, 2006.
Nota:
(a) Considerando novas medidas de eficiência energética
(b) Consumo considerado do uso final no setor
(c) Considera a substituição de chuveiros elétricos por coletores solares
(d) Considera a inserção da lâmpada LED a partir de 2016 gradualmente numa velocidade de 5% ao ano
(e) Outro estudo do PROCEL (COPPE) prevê outras medidas de eficiência para o setor residencial que gera um montante de mais 4.362 GWh para 2010.

Está em curso um projeto capitaneado pelo Procel (2006), com recursos[3] do GEF - Global Environment Facility, e execução por um consórcio PUC-RJ, Ecoluz e COPPE/UFRJ, para avaliar o mercado de eficiência energética no Brasil. Este projeto conta com uma pesquisa de campo, nos setores residencial, comercial e industrial, feita através de questionários (SALVADOR, 2006). Infelizmente, os resultados finais ainda não estão disponíveis.

3 Investimento de R$ 3,4 milhões doados pelo GEF e repassados pelo BIRD, englobando 21 concessionárias em 16 Estados + DF (92% do consumo do Brasil) – Salvador, 2006.

Em resumo, as estimativas variam muito, com ênfase em torno de 10 a 20%, dependendo do cenário, setor, horizonte, medidas consideradas, etc. De toda sorte, são parcelas consideráveis e, em todas é apresentado um custo menor que o de expansão do sistema. Todos ressaltam também que é necessário o estabelecimento de políticas públicas que fomentem a eficiência energética. Outra conclusão a se tirar desses números é a carência de dados com maior confiabilidade.

6. Considerações finais

Procurou-se estimar o potencial de conservação de energia elétrica no Brasil, considerando-se os cenários técnico, econômico e de mercado. Infelizmente, os dados disponíveis são insuficientes para uma tarefa deste porte. Há necessidade de pesquisas de campo – onde os dados estão disponíveis – sobre o uso da energia nos diversos setores e análise das medidas de uso mais eficiente de energia aplicáveis – e seu custo. As estimativas foram resultados das referências disponíveis, que não são muitas nem atuais no Brasil; por outro lado, as que se conseguem no plano internacional não podem ser aplicadas mecanicamente à nossa realidade. A comparação com outros estudos disponíveis, apresentada no item 5, mostra que os números obtidos estão na faixa das demais estimativas.

Agregando-se os números obtidos nos diversos itens (Setor Industrial: item 2; Setores Comercial e Público: item 3 e Setor Residencial: item 4), chega-se à Tabela 48.

Tabela 48 - Potencial de conservação de energia (% do consumo total de eletricidade)

Setor	Técnico	Econômico	Mercado
Industrial	20%	10%	6%
Comercial e Público	13%	6%	4%
Residencial	7%	3%	1%
Total	**40%**	**20%**	**10%**

O cenário técnico aponta a redução possível pelas tecnologias já disponíveis e deve aumentar no horizonte do plano. O econômico mostra a opção de expansão do sistema retirando energia ao invés de acrescentar – a menor custo e sem impacto ambiental. O de mercado indica o que pode ser economizado por ação do consumidor, desde que as barreiras sejam removidas. As ações necessárias para tal foram comentadas na nota Caracterização Técnico-Econômica do Uso Eficiente de Energia Elétrica (EPE, 2006b).

Três considerações não foram feitas neste estudo – a redução da demanda na ponta, a análise dos setores agropecuário e energético e o perfil de entrada do potencial no tempo. Estas considerações merecerão análise na elaboração de estudo com maior base de dados.

7. Referências bibliográficas

ABESCO – Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia. Sítio contendo dados sobre a indústria de ESCOs no Brasil. Disponível em: http://www.abesco.com.br/. Acesso em: 11.out.2006.

AZEVEDO, J. B. L., CAMARGO, J. O. e VELLOSO, C. G. Consumo de Energia Elétrica da Classe Comercial: Caracterização e Metodologia. In **XVI SNPTEE. Anais**. Campinas – SP: Eletrobrás, 2001.

BRASIL. Lei 10.295, de 17.out.2001 – "**Lei de Eficiência Energética**". Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providên-cias. D.O.U., Brasília, DF, 18.out.2001. Disponível em http://www.mme.gov.br. Acesso em 24.abr.2003.

BRASIL. **Decreto 4.508 de 11.dez.02**. Dispõe sobre a regulamentação específica que define os níveis mínimos de eficiência energética de motores elétricos trifásicos de indução rotor gaiola de esquilo, de fabricação nacional ou importados, para comercialização ou uso no Brasil, e dá outras providências. D.O.U., Brasília, DF, 12.dez.2002. Disponível em: http://www.energiabrasil.gov.br/decretos/decreto4508.pdf. Acesso em: 24.abr.2003.

CLASP – Collaborative Labeling and Appliance Standards Program. **Energy-Efficiency Labels and Standards**: A Guidebook for Appliances, Equipment, and Lighting. Disponível em: http://www.clasponline.org. Acesso em: 18.out.2006. Washington-USA: CLASP, 2005.

DRESHER, W. H. How Hydrometallurgy and the SX/EW Process Made Copper the "Green" Metal. In: **CDA Innovations – Cooper Development Association**. Aug, 2001. Disponível em: http://www.copper.org/innovations/2001/08. Acesso em: 10.nov.2006.

ELETROBRAS e FUPAI/EFFICIENTIA. **Gestão Energética**. 188 p. ilust. (Contém CD). Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanço Energético Nacional**. Ano base 2005. Rio de Janeiro: EPE, 2005.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Estudo Setorial: Soda-Cloro**. Estudo interno. Rio de Janeiro: EPE, 2006.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Boletim de Análise e Conjuntura Energética. Junho de 2006**. Rio de Janeiro: EPE, 2006a.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Nota Técnica 1.04.27.08A – Caracterização Técnico-Econômica de Medidas de Uso Eficiente no Uso da Energia Elétrica**. Rio de Janeiro: EPE, 2006b.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Eficiência Energética.** Apresentação em PowerPoint para o PNE 2030. Rio de Janeiro: EPE, 2006c.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica – PDEE 2006/2015.** Rio de Janeiro: EPE, 2006d.

GARCIA, A. G. P. **Impacto da Lei de Eficiência Energética para Motores Elétricos no Potencial de Conservação de Energia na Indústria**. Tese (Mestrado em Planejamento Energético). 2003. 139 p. Programa de Planejamento Energético - PPE, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro.

GELLER, H. S. **O Uso Eficiente da Eletricidade**: Uma Estratégia de Desenvolvimento para o Brasil. Rio de Janeiro: INEE, 1994.

GERBI - Redução das Emissões de Gases do Efeito Estufa na Indústria Brasileira. **Redução de Custos Operacionais: A Gestão Energética Competitiva**. Rio de Janeiro: GERBI, 2005.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Energy Technology Perspectives**: Scenarios and Strategies to 2050. Paris-FR: OECD/IEA, 2006.

IAEA – INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Brazil: A Country Profile on Sustainable Energy Development**. Viena: IAEA, 2006.

JANNUZZI, G. de M. e SWISHER, J. N. P. **Planejamento Integrado de Recursos Energéticos**: Meio Ambiente, Conservação de Energia e Fontes Renováveis. Campinas – SP: Autores Associados, 1997.

LEONELLI, P. Cenários de Oferta e Preços de Energia: Papel da Eficiência Energética e da Cogeração de Energia - Visão Presente e Futura. In: **3º Congresso Brasileiro de Eficiência Energética e Cogeração de Energia**. São Paulo: MME, 2006.

MME – MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Balanço de Energia Útil – BEU 2005**. Brasília – DF: MME, 2005.

MME – MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Portaria Interministerial nº 553, de 8 de dezembro de 2005**. Dispõe sobre o Programa de Metas e prazos (...) níveis mínimos de eficiência energética de motores elétricos trifásicos (...). Brasília – DF: MME, 2005.

MME/SPE – MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA / SECRETARIA DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO. Grupo de estudos PROCEL/MME (Ceres/MME; Paulo Leonelli/MME; Sergio Bajay/UNICAMP; Jamil Haddad/UNIFEI; Luiz Horta/UNIFEI e PROCEL: George Soares; Eduardo Menandro; Marcos Cordeiro; Maria Cristina Paschoal; Clóvis José da Silva; Marcel Siqueira; Marco Aurélio Moreira; Fernando Perrone; Frederico Castro; Braulio Motta). Em elaboração. Brasília-DF: MME, 2006.

MONACHESI, M. G. **Eficiência Energética em Sistemas De Bombeamento.** Livro e manual técnicos feito pela EFFICIENTIA/FUPAI para o projeto PROCEL-SANEAR da Eletrobrás. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.

NOGUEIRA, L. A. H., ROCHA, C. R., NOGUEIRA, F. J. H. **Eficiência Energética no Uso de Vapor**. 196 p. ilust. (Contém CD). Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.

OSRAM. **Manual Luminotécnico Prático**. Disponível em: http://br.osram.info/download_center/manual_luminotectico.htm. Acesso em: 7.nov.2006.

PROCEL/GEF – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica / Global Environmental Facility. **Mercado de Eficiência Energética no Brasil** – em execução. Consórcio PUC-RJ/ECOLUZ/COPPE. Rio de Janeiro: Procel, 2005.

PROCEL/EFEI – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica / Escola Federal de Engenharia de Itajubá. **Conservação de Energia**: Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos. Itajubá – MG: EFEI, 2001.

PROCEL INFO – Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética. **SINPHA** – Sistema de Informações de Posses e Hábitos de Uso de Aparelhos Elétricos. Disponível em: http://www.procelinfo.com.br. Acesso em: 6.dez.2006.

QUÍMICA E DERIVADOS. Sítio contendo matérias da revista sobre a indústria química. Disponível em: http://www.quimica.com.br/revista. Acesso em: 13.nov.2006.

ROCHA, N. R. e MONTEIRO, M. A. G. **Eficiência Energética em Sistemas de Ar Comprimido.** Livro e manual técnicos feito pela EFFICIENTIA/FUPAI para o projeto PROCEL-INDÚSTRIA da Eletrobrás. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.

RODRIGUES, P. **Curso de Iluminação**. Apostila do curso de formação de Consultores em Eficiência Energética do CEFET-RJ. Rio de Janeiro: CEFET-RJ, 2000.

SALVADOR, E. Eletrobrás - Departamento de Planejamento e Estudos de Conservação de Energia – DPS. Palestra ao SIEFE - Seminário Internacional de Eficiência Energética. Campinas – SP, mai.2006

SCHAEFFER et alii. **Estimativa do Potencial de Conservação de Energia Elétrica pelo Lado da Demanda no Brasil**. Relatório Final. Projeto coordenado pelo Procel no âmbito do PNUD. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 1998.

SCHAEFFER et alii. **Avaliação dos Índices de Eficiência Energética para Motores Trifásicos de Indução**. Relatório feito à CLASP, em projeto sob os auspícios da UN/DESA. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2005.

SILVA, L. L. F. da. **Iluminação Pública no Brasil: Aspectos Energéticos e Institucionais**. Tese (Mestrado em Planejamento Energético). Rio de Janeiro: PPE/COPPE/UFRJ, 2006.

SOLERO, R. B. **Energia Térmica: Eletrotermia**. Material de referência para o Curso de Formação de Consultores no Uso Eficiente de Energia do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca. Rio de Janeiro: CEFET-RJ, 2000.

TOLMASQUIM, M. T. e SZKLO, A. S. Coordenadores. **A Matriz Energética Brasileira na Virada do Milênio**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ; ENERGE, 2000.

VENTURINI, O. J. e PIRANI, M. J. **Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial e Comercial**. Livro e manual técnicos feito pela EFFICIENTIA/FUPAI para o projeto PROCEL-INDÚSTRIA da Eletrobrás. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.

VINE, E. An International Survey of the Energy Service Company (ESCO) Industry. In **Energy Policy**, n. 33, p. 691-704. 2005.

WWF – BRASIL. **Agenda Elétrica Sustentável 2020**: estudo de cenários para um setor elétrico brasileiro eficiente, seguro e competitivo. Brasília – DF: WWF, 2006.

XENERGY. **United States Industrial Motor Systems Market Opportunities Assessment**. Relatório preparado para o US-DOE – Departamento de Energia dos EUA. Burlington, Massachusetts: dez.1998.

PERSPECTIVAS DA CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO PNE 2030

SUMÁRIO

1. Introdução

A presente nota técnica tem como objetivo apresentar as premissas de uso eficiente de eletricidade consideradas no âmbito do Plano Nacional de Energia 2030 (PNE 2030). Também são apresentadas estimativas da quantidade de energia elétrica conservada em cada um dos quatro cenários nacionais considerados no PNE 2030, bem como realizadas considerações acerca da incidência de ações de fomento ao uso eficiente de eletricidade.

Para o cumprimento do objetivo ao qual se presta esta nota técnica, a mesma se encontra dividida em seis tópicos, além desta introdução (seção um):

- Na seção dois apresenta-se a metodologia geral empregada para estimativa dos montantes de conservação devidos ao progresso autônomo presentes em cada cenário. Esta metodologia decorre da utilizada para estimar a demanda de eletricidade por cenário e assim, resgatam-se as linhas gerais da mesma, de modo a facilitar a compreensão do processo adotado nestas estimativas, bem como as limitações e virtudes daí advindos;
- Na seção três são apresentadas as quantidades de eletricidade conservada por setor, decorrentes da aplicação das premissas anteriores à modelagem empregada na estimativa da demanda de eletricidade, considerando-se comparações entre cada cenário de demanda e seu equivalente onde não existisse a incidência do progresso autônomo;
- Na seção quatro é comentada a consideração do progresso induzido no uso eficiente de eletricidade no âmbito do Plano Nacional de Energia 2030;
- Na seqüência, na seção cinco apresentam-se as considerações finais acerca dos resultados apresentados nesta nota técnica;
- Nas seções seis e sete, incluem-se as referências e os anexos desta nota técnica.

Finalmente, deve-se também ressaltar que o presente estudo corresponde à seqüência da Nota Técnica "Mercado de Energia Elétrica – Evolução a Longo Prazo" (EPE, 2006a), realizada em Outubro/2006, onde as trajetórias de evolução da demanda de eletricidade por cenário já embutiam as premissas de uso eficiente de eletricidade aderentes às linhas gerais dos cenários de demanda, mas cujo correspondente montante de eletricidade conservada não havia sido explicitamente estimado, o que é o objetivo desta nota técnica.

2. Uso eficiente de eletricidade no âmbito do PNE 2030

2.1. Considerações iniciais

Visando compreender o processo de estimativa do potencial de conservação de eletricidade no PNE 2030, é necessário destacar dois aspectos importantes presentes nesta estimativa. O primeiro deles se refere às trajetórias de uso eficiente adotadas em cada um dos quatro cenários nacionais. O segundo aspecto, por sua vez, envolve o resgate das linhas gerais da metodologia de projeção da demanda de energia adotada no PNE 2030.

Quanto ao primeiro aspecto, é conveniente ressaltar que as estimativas da demanda total de eletricidade por cenário, apresentadas na Nota Técnica - "O Mercado de Energia Elétrica – Evolução a Longo Prazo", já incluem premissas de uso eficiente de energia elétrica, ou seja, adotam premissas de progresso técnico, cujo ritmo de penetração depende das linhas gerais de cada cenário nacional. A este montante de eletricidade conservada denominaremos neste texto, doravante, de conservação de eletricidade associada ao progresso autônomo.

Assim, nos cenários A – "Na Crista da Onda" e B1 – "Surfando na Marola" – caracterizados por um processo de gestão interna eficaz no país, onde gargalos de infra-estrutura e oferta de financiamento não se constituem restrições efetivas ao desenvolvimento do país -, a penetração de alternativas eficientes de uso de eletricidade apresenta uma dinâmica mais acelerada em relação aos cenários B2 – "Pedalinho" e C – "Náufrago", onde as restrições colocadas anteriormente exercem maior grau de impacto sobre a penetração de alternativas eficientes de uso de eletricidade.

Outra consideração importante se refere ao fato de que os ganhos potenciais de eficiência assumidos em cada cenário não correspondem ao máximo potencial de conservação de eletricidade existente nos diversos setores de consumo final de energia, o que significa dizer que este potencial é maior do que o apontado nesta nota técnica (a este potencial adicional, dependente de políticas adequadas, convencionamos chamar de progresso induzido, em oposição ao progresso autônomo definido acima. No âmbito do PNE 2030, a expansão do sistema elétrico brasileiro considera a incidência de políticas governamentais de fomento ao uso eficiente de energia, que permitiriam obter ganhos adicionais de eficiência em relação ao progresso autônomo considerado nos cenários econômicos e energéticos. A estes ganhos se denomina "progresso induzido", considerados especificamente no cenário "Surfando a Marola", sendo tratados adiante nesta nota técnica. Do ponto de vista metodológico, a abordagem adotada não esgota todo o potencial de conservação que é possível de se alcançar, sendo esta abordagem justificada por diversas razões:

- Primeiramente, considerando-se a abordagem metodológica técnico-analítica adotada, cujo grau de detalhamento da projeção da demanda tem como fronteira o nível de serviço energético fornecido pela eletricidade, no grau de desagregação do Balanço de Energia Útil (MME/FDTE, 2005). A partir desta abordagem, considerações do uso de energia por tipo de equipamento - abordagem que logra permitir uma estimativa mais acurada dos potenciais de conservação de eletricidade – não são apreendidas, resultando em potenciais de conservação mais conservadores do que aqueles que seriam possíveis;
- A limitação de bases de dados existentes para caracterizar de forma adequada um potencial de conservação de eletricidade e energia no país.[1] As restrições de dados confiáveis acerca do potencial de conservação dificulta o estabelecimento de fronteiras adequadas dos potenciais técnico, econômico e de mercado;
- A própria dinâmica de penetração de alternativas de uso eficiente de eletricidade, uma vez que implica na concertação de esforços de múltiplos agentes. Este fato, *per se,* implica em velocidades de difusão de esforços distintas entre os diversos setores de consumo final de eletricidade/energia.

Assim, ganhos mais agressivos de eficiência dependerão em grande parte da resolução das limitações acima colocadas, devendo ser também consideradas as barreiras atualmente existentes para a maior disseminação do uso eficiente de eletricidade/energia. Exatamente por esta ponderação, ativemo-nos a considerar o progresso autônomo, nas estimativas de demanda de eletricidade para o PNE 2030. É mister destacar, porém, que para alguns setores de consumo final a difusão de alternativas eficientes de uso de eletricidade foi mais acelerada em relação aos demais setores, quando seu histórico de progresso técnico se mostra mais acelerado. Tal comportamento é especialmente observado naquelas indústrias onde o peso dos custos da eletricidade é elevado, de modo que a busca por eficiência elétrica é um imperativo de competitividade em seu mercado. No que tange ao resgate da metodologia de estimativa deste potencial, apresentamos a seguir.

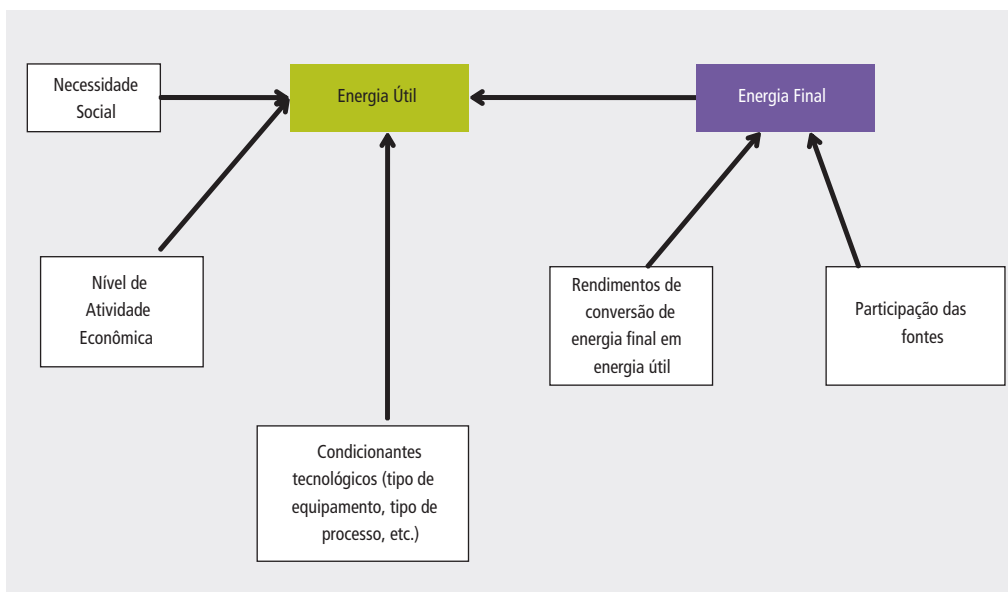
1 No que tange a esta limitação de dados atualmente disponíveis no país, é relevante destacar a existência atual de iniciativas no país, tais como o projeto de avaliação do mercado de eficiência energética, liderado pelo PROCEL com recursos do GEF – Global Environment Facility e envolvendo o consórcio PUC-RJ, Ecoluz e COPPE/UFRJ, contando com pesquisas de campo nos setores residencial, comercial e industrial, através de questionários (EPE, 2006b).

2.2. Metodologia adotada

Visando compreender o processo de estimativa da conservação de eletricidade associada ao progresso autônomo no âmbito do PNE 2030, é conveniente resgatar as linhas gerais de projeção da demanda de energia elétrica cuja compreensão tenha relação direta com essa estimativa de conservação de eletricidade. Não se objetiva detalhar este processo, uma vez que já se encontra descrito na Nota Técnica - "O Mercado de Energia Elétrica – Evolução a Longo Prazo", mas se visa fundamentalmente facilitar a compreensão da presente estimativa de conservação de eletricidade.

A estimativa da demanda total de eletricidade por cenário utiliza dois modelos distintos. Para os setores agropecuário, industrial, comercial/público e transportes, foi utilizado o Modelo Integrado de Planejamento Energético (MIPE), enquanto que, para o setor residencial, utilizou-se a metodologia adotada em Achão (2003) e SCHAEFFER *et al.* (2004).

Em linhas gerais, a estimativa da demanda de eletricidade/energia é realizada considerando-se um dado nível de demanda de energia útil necessário ao atendimento de um serviço energético (na desagregação adotada no Balanço de Energia Útil). A quantidade de energia útil demandada, por sua vez, é função do nível de atividade econômica de um dado setor/segmento, do perfil tecnológico observado, cujo processo pode ser esquematizado na Figura 1. A obtenção da demanda de energia final resulta, então, do estabelecimento das diferentes participações de fontes energéticas para o provimento da mesma. Como, a cada fonte energética associam-se rendimentos de conversão distintos, a alteração da participação destas fontes por cenário implica em diferentes montantes de conservação de energia/eletricidade.

Figura 1 - Inter-relações de condicionantes gerais para energia útil/energia final

Fonte: Tolmasquim & Szklo, 1997.

A identificação de um potencial de conservação de eletricidade deriva de dois efeitos que atuam combinadamente:

O primeiro deles, que define o percentual de ganho relativo de eficiência ao se adotar uma maior participação de uma dada fonte energética mais eficiente (por exemplo, gás natural para geração de vapor em substituição ao óleo combustível) ou por substituição tecnológica (como é o caso do aumento da tecnologia de anodos pré-cozidos – APC – na indústria de alumínio) ou ainda, através de mudanças de procedimento (hábitos de uso, especificação correta de equipamentos ou de equipamentos mais eficientes, dimensionamento de sistemas, manutenção adequada, gestão energética etc.);

O segundo efeito, que se relaciona ao tamanho total do setor/segmento na demanda total de eletricidade, o que se relaciona ao nível de atividade de cada setor/segmento por cenário e determinado de acordo com o crescimento do PIB bem como da estrutura setorial.

A estimativa da perspectiva de conservação de eletricidade por cenários resulta da combinação dos dois efeitos, comparativamente a um dado cenário de referência onde estes efeitos não estivessem presentes. É mister destacar que o grau de profundidade das premissas estabelecidas depende grandemente da desagregação setorial do consumo de energia e a implicação deste tipo de aspecto é que alguns segmentos cuja disponibilidade de dados é maior ou porque se observa relativo grau de homogeneidade no processo de produção terão um tratamento mais detalhado do que outros.

O resultado é que, uma vez que a estimativa parte da estrutura disponível nas estatísticas do Balanço Energético Nacional (BEN), a natureza agregada dos muitos setores de consumo impõe a limitação de um tratamento igualmente agregado para as premissas de uso eficiente de eletricidade, ainda que se reconheça a necessidade de desagregação por nível de equipamento, mas cujas estatísticas não são disponíveis. Por outro lado, em alguns segmentos industriais, uma abordagem um pouco mais específica foi possível, ainda que não em nível de equipamento.

Cumpre notar que alguns segmentos industriais em particular, como a produção de cimento, papel & celulose, ferro-gusa e aço, química e metais não-ferrosos e outros metais da metalurgia, em função de características específicas destas indústrias e da disponibilidade de dados das mesmas, permitem uma modelagem com maior grau de detalhamento. Neste caso, podem-se realizar considerações, conforme o cenário analisado, sobre a maior ou menor participação de bens energo-intensivos na economia ou determinadas particularidades de alguns segmentos industriais que justifiquem maior desagregação, como é o caso das indústrias de soda-cloro (no Balanço Energético Nacional, inclusas na indústria química) e de alumínio (incluídas, no Balanço Energético Nacional, no segmento "metais não-ferrosos e outros metais da metalurgia").

Assim, a despeito da limitação decorrente da heterogeneidade dos diferentes segmentos industriais e da disponibilidade de dados, pode-se afirmar que o uso eficiente de eletricidade teve, basicamente, dois níveis de abordagem.

Um deles baseado no estabelecimento de dinâmicas diferenciadas por cenário para os coeficientes de rendimento por serviço energético (Força Motriz, Calor de Processo, Aquecimento Direto, Eletroquímica etc.), aplicável à maioria dos segmentos industriais: Alimentos e bebidas, Papel e celulose, Cerâmica, Outras indústrias, Ferro-ligas, Mineração e pelotização, Têxtil, Química (exclusive Soda-cloro). Este também é o tratamento empregado nos setores Agropecuário, Comercial e Público;

O segundo nível de abordagem, baseado no estabelecimento de premissas mais específicas por etapa do pro-

cesso, perfil tecnológico e estrutura industrial. Esta abordagem é aplicável a indústrias tais como as indústrias de Alumínio, Soda-cloro, Siderurgia e Cimento. Também é a abordagem aplicável ao setor Residencial.

As variáveis específicas por setor/segmento, onde foram assumidos ganhos de eficiência no uso de eletricidade, são resumidas na Tabela 1.

Tabela 1 – Variáveis de projeção de demanda de energia para cenarização de uso eficiente de energia elétrica.

Setor/segmento	Principais variáveis por setor/segmento
Agropecuário	Rendimento do uso de óleo diesel e eletricidade para força motriz
Indústria	
Ferro-gusa e aço	Participação de tecnologias e rendimentos de conversão por etapa do processo (redução, aciaria e laminação)
Cimento	kcal/kg de clínquer
Alumínio	% dos processos de produção (APC[3] e Soderberg)
Química	Rendimento energético por fonte e serviço energético;[1] % da co-geração a gás natural; % das tecnologias de produção de soda-cloro (células de amálgama de mercúrio, diafragma e membrana)
Papel e celulose	Consumo específico de energia térmica e elétrica para produção de celulose; consumo específico de energia térmica e elétrica para produção por tipo de papel
Demais indústrias e setores[2]	Rendimento energético por fonte e serviço energético
Residencial	Consumo específico de eletricidade por uso final

Nota: 1- compreende a seguinte desagregação: calor de processo, aquecimento direto, força motriz, iluminação, eletroquímica e outros usos, conforme abertura disponível no Balanço de Energia Útil (MME/FDTE, 2005); 2- Inclui os seguintes agrupamentos de indústrias: Alimentos & bebidas, Cerâmica, Mineração & pelotização, Ferro-ligas, Têxtil, Outras indústrias, Não ferrosos (exclusive produção de alumínio). Os demais incluem os setores comercial e público; 3- Anodos pré-cozidos.

Como assinalado anteriormente, algumas premissas qualitativas são comuns a todos os cenários, em razão de serem tendências razoavelmente consolidadas. Neste caso, a distinção entre os cenários se deve, essencialmente, a diferenças no efeito do nível de atividade de cada cenário sobre cada setor ou segmento.

As principais premissas utilizadas em nosso estudo por setor e segmento, e comuns aos cenários, são descritas a seguir.

3. Perspectivas de uso eficiente de eletricidade – progresso autônomo

Neste capítulo, serão abordadas as perspectivas de uso eficiente de eletricidade relativas ao chamado progresso autônomo da eficiência energética, ou seja, a penetração de medidas de eficiência energética já incorporadas aos equipamentos e hábitos de consumo. No capítulo seguinte, serão relacionadas as perspectivas do progresso induzido, isto é, as medidas de eficiência energética que podem penetrar no mercado mediante programas de incentivo ao uso eficiente de energia elétrica.

3.1. Setor industrial

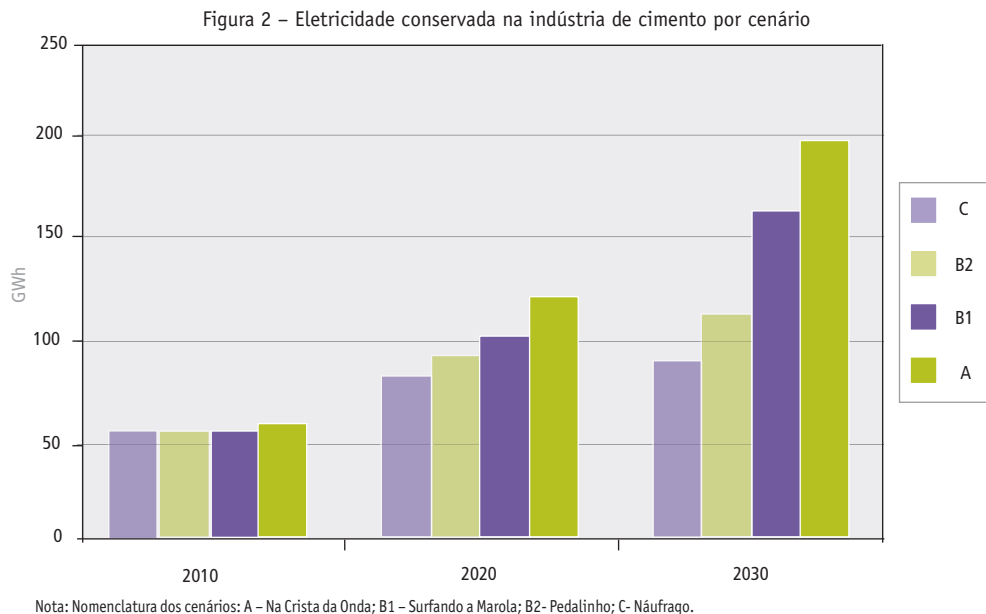
Segmentos industriais específicos

No MIPE, existe a possibilidade de tratamento menos desagregado em alguns segmentos industriais onde o relativo grau de homogeneidade e a disponibilidade de dados acerca do uso da energia permitiu tratá-los de forma mais específica. Incluem-se neste caso, indústrias como a de cimento, siderurgia, papel & celulose e alumínio.

No caso da indústria de cimento, o uso da energia elétrica tem preponderância em aplicação motriz, prin-

cipalmente nos sistemas de homogeneização de matéria prima e na moagem do material produzido no forno rotativo (clínquer) com aditivos ao cimento (escória de alto forno e material pozolânico, principalmente). Segundo dados do Balanço de Energia Útil (MME/FDTE, 2005), em 2004, a destinação de energia final para força motriz foi superior a 98%, sendo o restante destinado a outras aplicações, principalmente, iluminação. Como se pode observar na Figura 2, nesta indústria, o montante de eletricidade conservada varia entre 91 e 203 GWh em 2030, dependendo do cenário, o que equivale a aproximadamente 1% da eletricidade demandada no citado ano. Em termos cumulativos, a eletricidade total conservada no período varia entre 1.927 e 3.003 GWh, o que seria equivalente a conservar entre 51% e 80% do consumo no ano base, respectivamente.

Figura 2 – Eletricidade conservada na indústria de cimento por cenário

Nota: Nomenclatura dos cenários: A – Na Crista da Onda; B1 – Surfando a Marola; B2- Pedalinho; C- Náufrago.

No segmento industrial de ferro-gusa e aço, em 2004, o uso final como força motriz respondeu por 83,5% da eletricidade total demandada, seguida pela utilização para fins térmicos, com 7,3% (MME/FDTE, 2005).

Em todos os cenários nacionais, assume-se como premissa básica que a expansão da capacidade instalada de produção dar-se-à prioritariamente a partir de usinas a coque de carvão mineral. Ressalta-se que, no horizonte até 2016 foram consideradas as plantas com entrada em operação prevista, incluindo tecnologias distintas daquela assumida como referência no longo prazo. Tal é o caso da planta de redução direta programada para entrada em operação no Ceará, com capacidade de 1,5 Mt/ano, com consumo previsto de gás natural em torno de 1,8 Mm^3/dia. Adicionalmente, as expansões previstas de capacidade de produção de ferro-gusa no horizonte até 2016 foram consideradas em todos os cenários.

Especificamente, no caso da indústria siderúrgica, é importante destacar que o montante de consumo evitado de eletricidade é composto de dois efeitos atuando simultaneamente, quais sejam, a elevação dos rendimentos e um efeito estrutural, relacionado à maior participação de determinadas tecnologias de produção em relação ao ano base. Assim, por exemplo, no ano de 2030, o potencial de conservação de eletricidade estimado no cenário Na Crista da Onda é de 15,3 TWh (Figura 3), dos quais aproximadamente 3,3 TWh derivam

das premissas de uso eficiente de eletricidade no cenário. A maior parcela de ganhos potenciais de conservação de eletricidade advém, como poder-se-ia esperar, exatamente de um efeito estrutural: a expansão via coque de carvão mineral, reduzindo a participação da tecnologia de redução por forno elétrico a arco. Em termos cumulativos o consumo evitado de eletricidade total no período varia entre 55,1 e 144,8 TWh, para os cenários Náufrago e Na Crista da Onda, respectivamente.

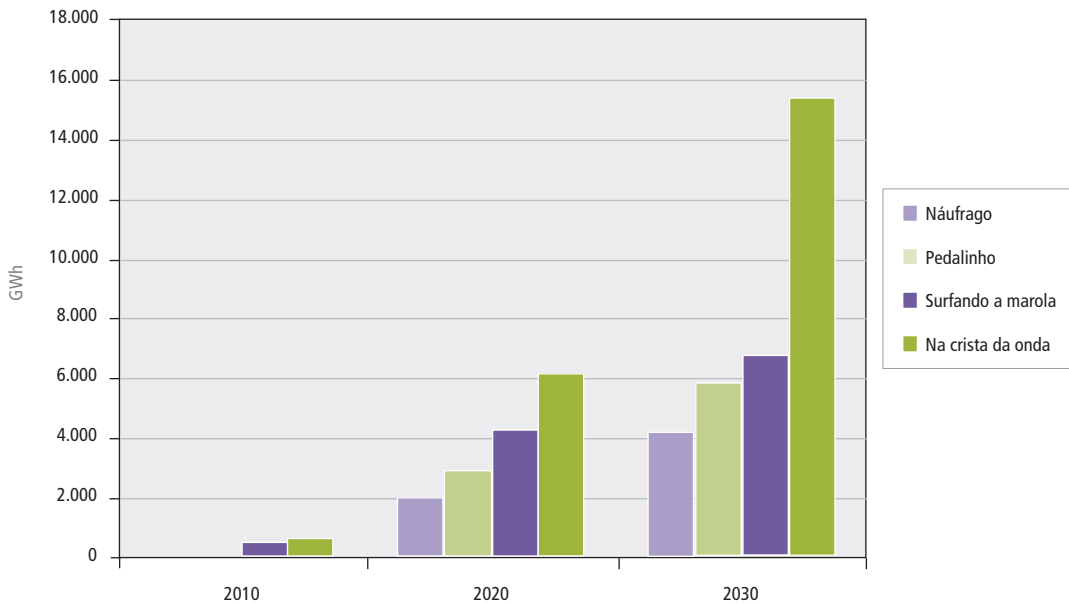
Figura 3 – Eletricidade conservada na indústria de ferro-gusa e aço por cenário

No segmento de metais não ferrosos e outros da metalurgia, especificamente na produção de alumínio, em todos os cenários a expansão de plantas se dá a partir da tecnologia baseada em anodos pré-cozidos (APC), gerando como resultado a melhoria de rendimento no uso de eletricidade para uso eletroquímico. Como resultado desta expansão, o consumo específico de eletricidade para a produção de alumínio apresenta ritmos distintos de progresso conforme o cenário, em função do "*mix*" tecnológico resultante no país.

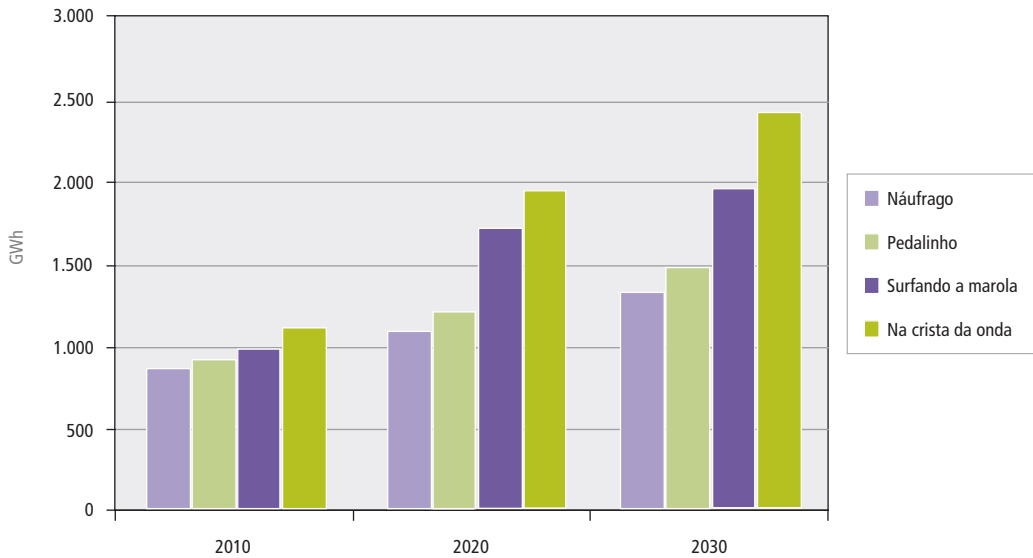
Figura 4 – Eletricidade conservada no segmento não-ferrosos e outros da metalurgia por cenário

No caso da indústria de papel & celulose, a Figura 5 ilustra o montante de eletricidade conservada por cenário, que varia entre 1,1 e 1,9 TWh em 2030. Especificamente no caso deste segmento industrial, embora não contabilizado neste potencial de progresso autônomo, é importante destacar o montante de eletricidade co-gerada, cuja estimativa de energia e potência instalada correspondente podem ser visualizadas na Figura 6 e na Figura 7.

Figura 5 – Eletricidade conservada no segmento papel & celulose por cenário

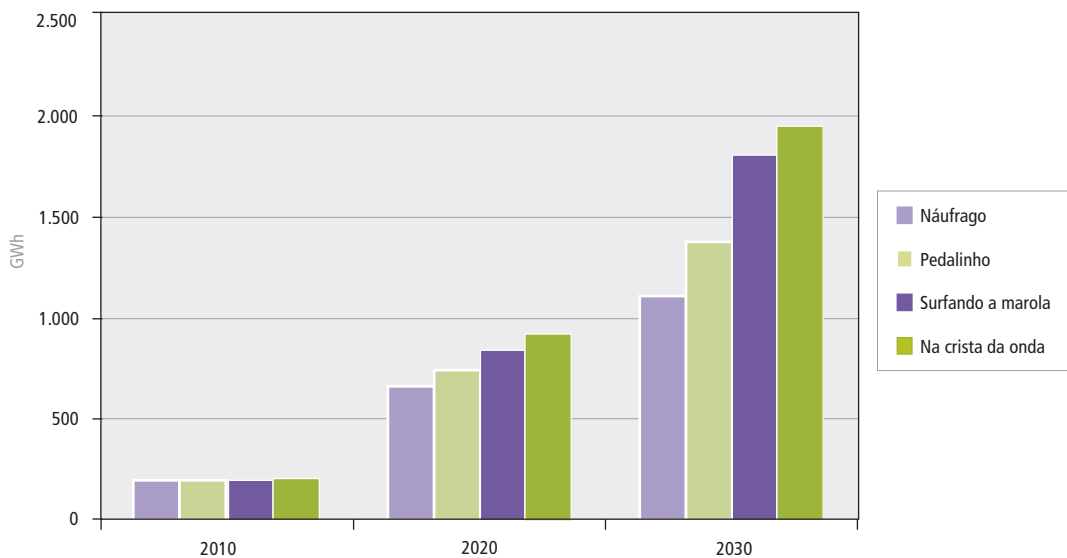



Figura 6 – Eletricidade gerada em instalações de co-geração na indústria brasileira de papel & celulose por cenário

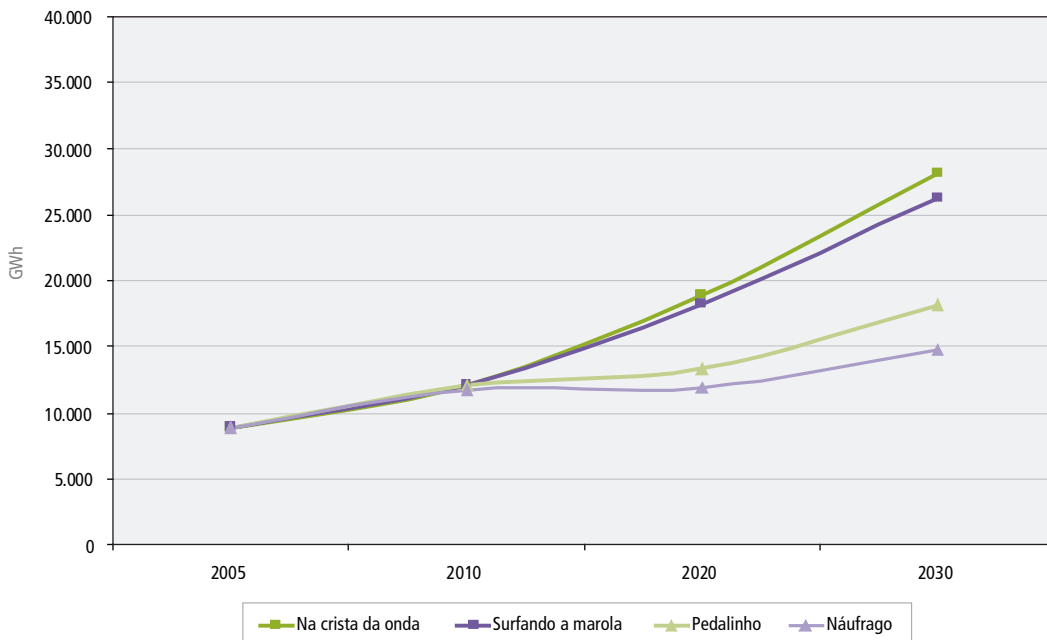
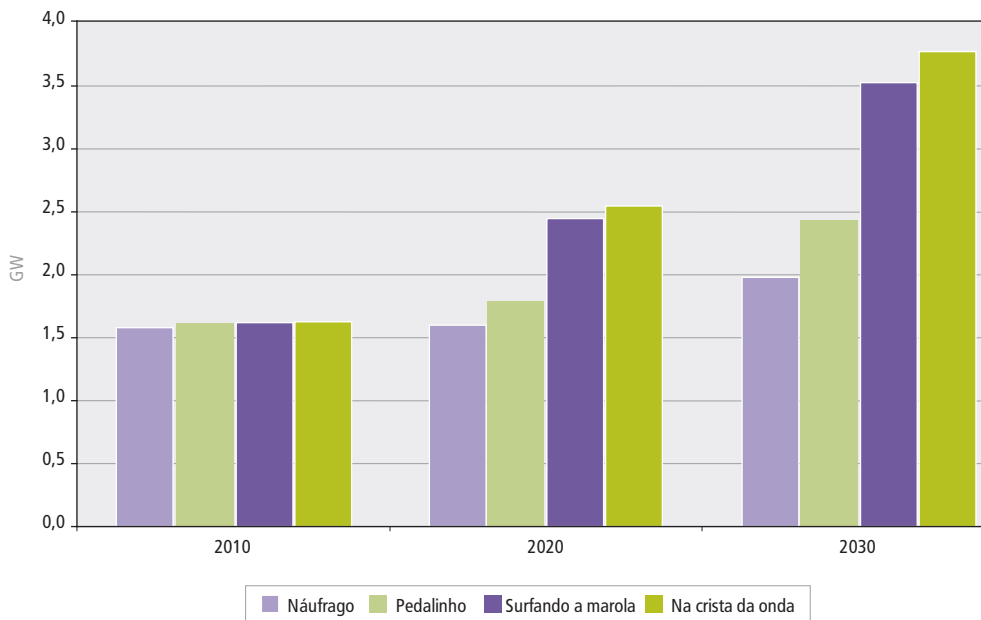
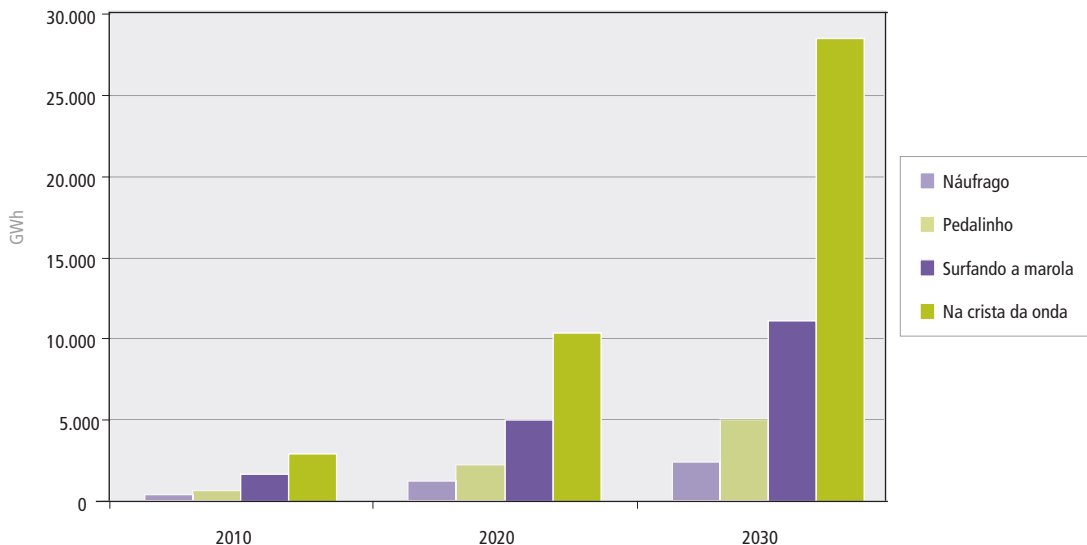



Figura 7 – Capacidade instalada de co-geração na indústria brasileira de papel & celulose por cenário

Nota: assume fator de capacidade médio anual de 85%.

Outros segmentos industriais

O nível de agregação de alguns segmentos industriais bastante heterogêneos – como a indústria química e a de alimentos & bebidas,[2] por exemplo -, levou o estabelecimento de premissas de uso eficiente de eletricidade a se basear fundamentalmente nos dados publicados no Balanço de Energia Útil, tendo como dinâmica preponderante o ganho de eficiência correspondente aos melhores coeficientes de eficiência disponíveis atualmente. Ademais, presume-se que a dinâmica destes ganhos ocorra no período de 10 anos.

No caso da indústria química, admitiu-se que toda a expansão de capacidade da indústria de soda-cloro ocorre a partir de plantas baseadas na tecnologia de membrana que possui menor consumo específico de eletricidade, cerca de 2,7 MWh/t contra os 2,9 MWh/t demandados em plantas baseadas na tecnologia de diafragma que responde atualmente por cerca de 72% da produção nacional. Em qualquer cenário, as plantas baseadas em mercúrio – cerca de 23% da produção nacional – tem queda de participação, uma vez que esta tecnologia tem impactos ambientais que impedem sua expansão e, portanto, serão sucateadas ao longo do tempo.

Figura 8 – Eletricidade conservada nos demais segmentos industriais[3] por cenário

Especificamente no caso da indústria química pode-se apontar a penetração do gás natural para unidades de co-geração como uma medida com claras implicações sobre a demanda de energia: além de deslocar o uso térmico devido a energéticos como o óleo combustível – contribuindo para aumentar a eficiência térmica da indústria como um todo -, representa redução da demanda de eletricidade junto à rede do sistema interligado. A estimativa da evolução desta capacidade instalada de co-geração a gás natural se encontra representada na Figura 9. A distinção básica entre os cenários considera, essencialmente, a disponibilidade de capital para investimento nestas instalações e também o ambiente existente para a venda de excedentes elétricos comercializáveis tanto em termos de preços quanto da efetiva existência desta possibilidade. Para a estimativa da evolução desta capacidade instalada, tomou-se como base o estudo realizado em Tolmasquim et al (2003), o qual avalia os potenciais técnico e econômico de co-geração a gás natural na indústria química, em função de diversos ambientes em que o investidor nestas unidades pode se deparar. Em função da capacida-

2 A segmentação adotada corresponde à empregada nas estatísticas publicadas no Balanço Energético Nacional.
3 Alimentos & bebidas, Ferro-ligas, Química, Têxtil, Outras indústrias, Cerâmica, Mineração & pelotização.

de a ser instalada considerar o ano base utilizado no referido estudo (2000), em cada cenário se assume um percentual de energia térmica nesta indústria atendida por unidades de co-geração. Como se pode observar dos dados da Tabela 2, este percentual varia conforme o cenário, sendo bastante considerável no cenário Na Crista da Onda, onde as restrições de expansão da oferta de gás natural são sobremaneira menores do que nos demais cenários.

Figura 9 – Capacidade instalada de co-geração a gás natural na indústria química brasileira por cenário

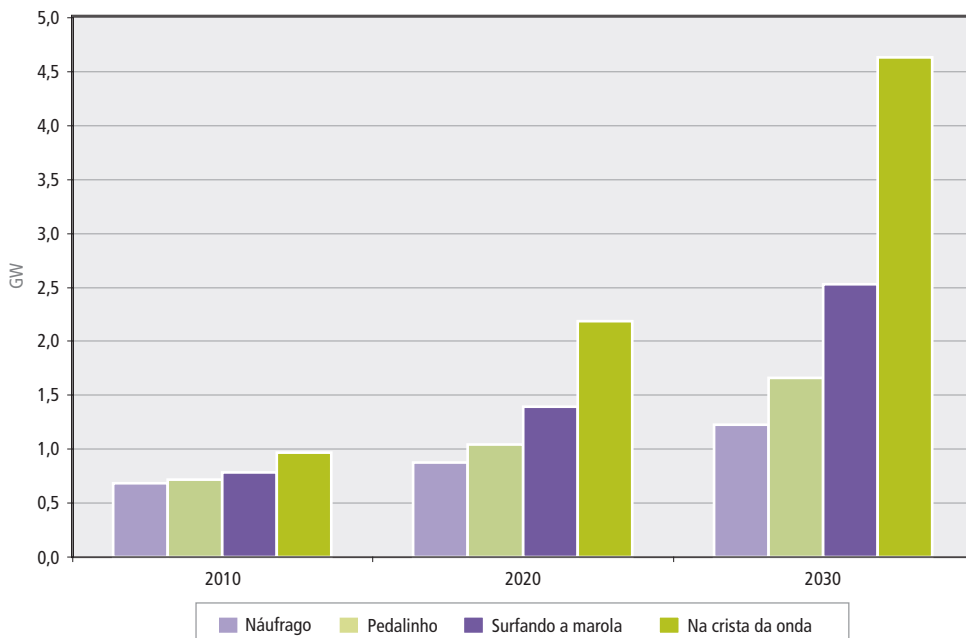
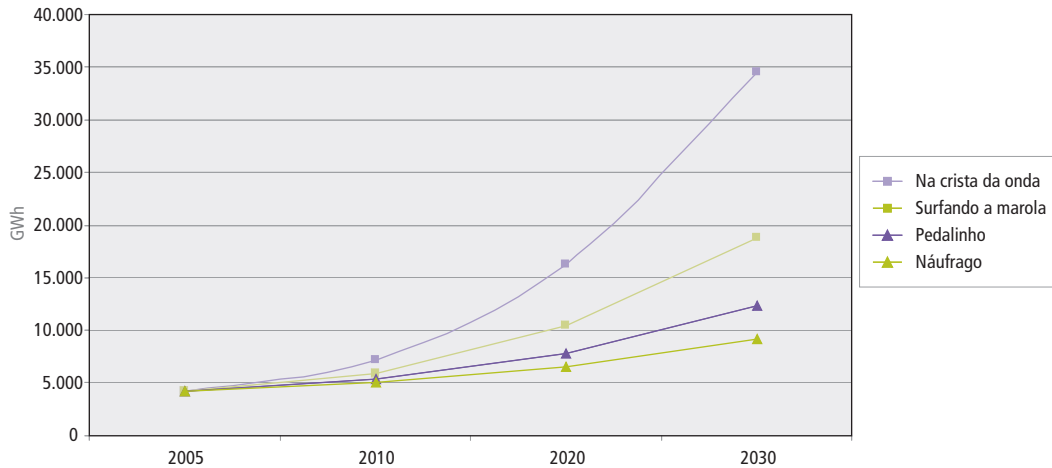



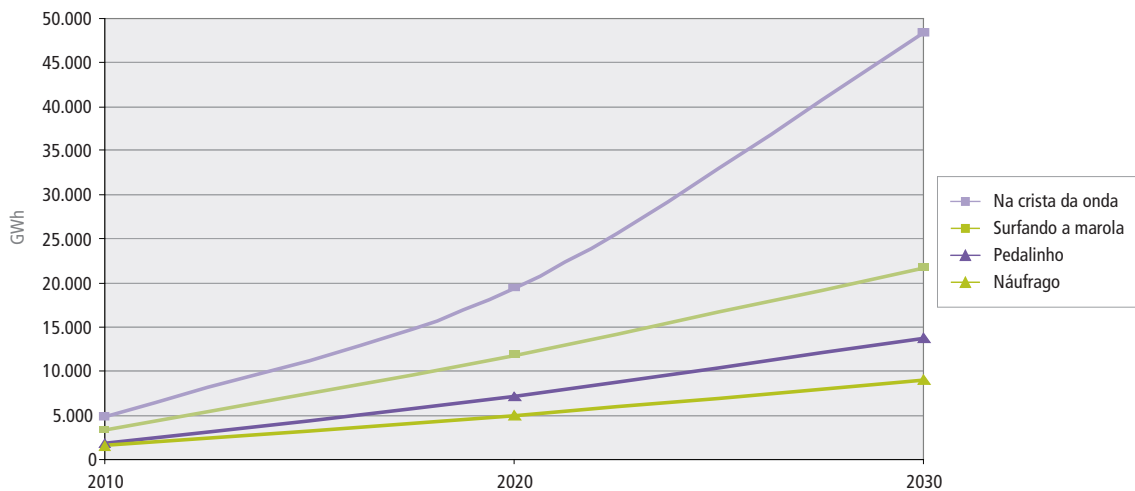
Tabela 2 – Oferta de calor de unidades de co-geração na indústria química brasileira por cenário

Cenário	% do calor atendido por unidades de co-geração a gás natural
Na Crista da Onda	39,5%
Surfando a Marola	21,5%
Pedalinho	16,3%
Náufrago	15,0%

Fonte: elaborado a partir de Tolmasquim et al, 2003.

Figura 10 – Eletricidade gerada em instalações de co-geração a gás natural na indústria química brasileira por cenário

Síntese do setor industrial

O setor industrial, pela sua representatividade no consumo total de eletricidade, concentra uma grande parcela das oportunidades para eficientização do uso de energia e, por esta razão, se mostra um foco relevante para envidar esforços no sentido de implementar programas de eficiência energética. Como se pode observar na Figura 11, a quantidade de eletricidade conservada na indústria varia, em 2030, entre cerca de 9 e 48 TWh, o que corresponde a cerca de 2,4% a 4,5% do consumo de eletricidade que seria observado sem progresso autônomo nos cenários Náufrago e Na Crista da Onda, respectivamente.

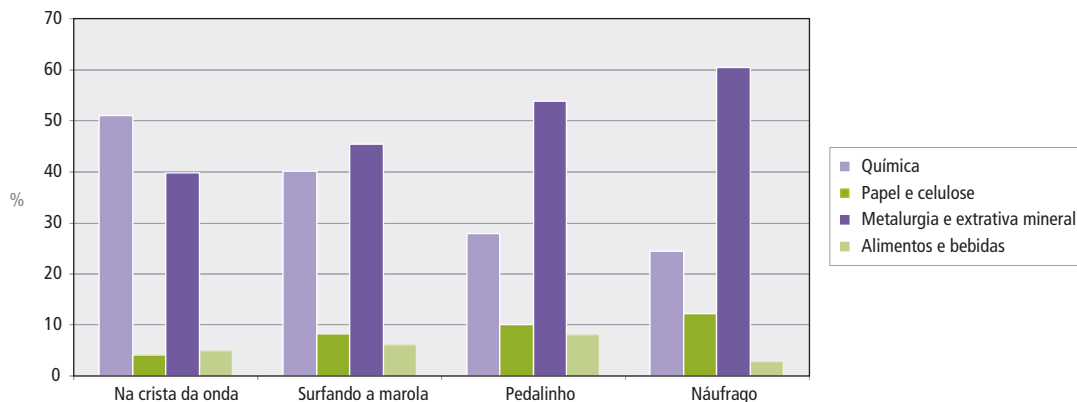
Figura 11 – Eletricidade conservada na indústria brasileira por cenário

Na Tabela 3 são resumidos os montantes de eletricidade conservada por cenário e por agrupamento de consumidores de energia, cuja definição pode ser encontrada no anexo deste relatório. Como esperado, é nos grandes consumidores onde este progresso autônomo se mostra mais intenso, o que pode ser atribuído ao

fato de a energia elétrica representar um peso relevante nos custos totais destes segmentos industriais. Na Figura 12 pode ser vista a contribuição de segmentos que compõem o agrupamento dos chamados grandes consumidores industriais de energia, na eletricidade conservada por cenário.

Tabela 3 – Eletricidade conservada por agrupamento industrial e por cenário

Cenário	Agrupamento	2010	2020	2030
Na crista da onda	**Indústria - total**	**4.797**	**19.398**	**48.343**
	Grandes consumidores	4.740	19.267	48.126
	Demais indústrias	57	131	217
Surfando a marola	**Indústria - total**	**3.320**	**11.846**	**21.705**
	Grandes consumidores	3.265	11.735	21.526
	Demais indústrias	55	111	179
Pedalinho	**Indústria - total**	**1.833**	**7.139**	**13.813**
	Grandes consumidores	1.778	7.046	13.699
	Demais indústrias	55	93	114
Náufrago	**Indústria - total**	**1.552**	**4.996**	**9.083**
	Grandes consumidores	1.497	4.914	8.992
	Demais indústrias	55	82	91

Nota: O agrupamento de “grandes consumidores industriais de energia” incluem os seguintes segmentos industriais: alimentos & bebidas, ferro-ligas, ferro-gusa e aço, mineração e pelotização, não ferrosos e outros da metalurgia, química, papel & celulose. No anexo deste relatório se encontram os critérios utilizados para esta agregação.

Figura 12 – Eletricidade conservada na indústria brasileira por cenário

Quando avaliados os segmentos que compõem o setor industrial – no âmbito da agregação utilizada no PNE 2030 -, percebemos que são os segmentos químico e siderúrgico aqueles que apresentaram maior potencial de conservação de eletricidade. Isto, porém, não significa que somente nestas indústrias se concentra preferencialmente este potencial, posto que estes resultados também são dependentes da base de dados empregada para a estimativa do progresso autônomo por cenário.

3.2. Setor residencial

De modo específico, a estimativa da demanda de energia elétrica no setor residencial é realizada com base no percentual de domicílios ligados à rede elétrica e no consumo específico de energia elétrica por domicílio ligado à rede. Este, por sua vez, é projetado por uso final a partir da posse dos principais equipamentos, de hábitos de consumo das famílias e das potências dos equipamentos, o que permite a incorporação de ganhos de eficiência.

Cumpre notar que, por se tratar de um modelo *bottom-up*, a influência do contexto econômico no setor residencial aparece refletida em alguns parâmetros adotados na modelagem, notadamente na variável posse de equipamentos, resultando, dessa forma, na apresentação de uma dada estrutura de consumo de energia para este setor correspondente ao cenário econômico analisado.

Em relação ao consumo específico por equipamento, variável que internaliza possíveis ganhos de eficiência, tomou-se como referência inicial os valores determinados a partir de informações contidas na Pesquisa de Posse de Eletrodomésticos e Hábitos de Uso (PROCEL/PUC, 2006), no catálogo Selo Procel 2005 (PROCEL, 2006), nas tabelas de eficiência do INMETRO (INMETRO, 2006), além de dados de potência e tempo de uso, fornecidos pelas concessionárias de energia elétrica e pelo PROCEL.

O ganho de eficiência admitido em cada cenário fundamenta-se na hipótese de que a renovação do parque de geladeiras, *freezers* e aparelhos de ar condicionado se dará mediante equipamentos mais eficientes do que os atualmente existentes nos domicílios. Em relação à iluminação, o ganho de eficiência considerado está relacionado à parcela de lâmpadas incandescentes que serão substituídas por lâmpadas fluorescentes compactas. Assumiu-se, para efeito de cálculo, que uma lâmpada fluorescente compacta de 20W substituirá uma lâmpada de potência média de 60W, uma vez que, de acordo com os fabricantes, ambos os tipos apresentam o mesmo nível de iluminamento.

No cenário Na Crista da Onda, considerou-se que as novas aquisições corresponderão aos equipamentos pertencentes a mais alta faixa de eficiência atualmente estabelecida pelo INMETRO – faixa A (INMETRO, 2006) para cada um dos equipamentos citados. Dessa forma, foram estimadas reduções de 19%, 17% e 18% no consumo específico de geladeiras, *freezers* e aparelhos de ar condicionado, respectivamente, em relação ao consumo específico dos equipamentos considerados atualmente nos domicílios brasileiros.

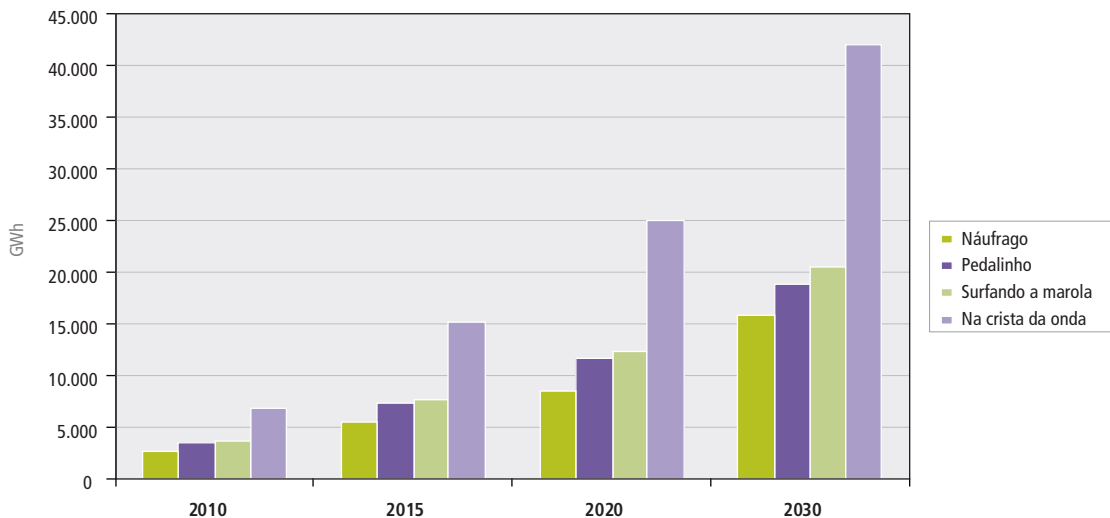
Adicionalmente, considerou-se que a substituição de lâmpadas no cenário Na Crista da Onda se dará de modo que, ao final do período, metade dos domicílios possuirá os modelos mais eficientes. Esta premissa fundamenta-se no fato de que, por ocasião do racionamento de energia elétrica enfrentado no período 2001-2002, de acordo com PROCEL/PUC (2006), a substituição de lâmpadas incandescentes por fluorescentes compactas nas regiões Sudeste e Nordeste se deu em 43,7% e 48,5% dos domicílios pesquisados nas respectivas regiões.

Nos demais cenários, o ganho de eficiência admitido busca refletir o progresso autônomo, na medida em que se supõe que há uma manutenção da evolução atual com relação ao uso da energia e penetração de tecnologias no mercado. Nesse sentido, considerou-se, para efeito de cálculo, que a renovação do parque de geladeiras, *freezers* e aparelhos de ar condicionado se dará mediante equipamentos pertencentes à atual faixa B de eficiência estabelecida pelo INMETRO (INMETRO, 2006). As reduções estimadas para o consumo específico de geladeiras, *freezers* e aparelhos de ar condicionado, respectivamente, foram de 12%, 12% e 8,5%.

Em relação à iluminação, face ao maior custo de aquisição da lâmpada fluorescente compacta em relação ao de uma incandescente comum e o comportamento do consumidor residencial verificado depois do racionamento no que concerne a substituição de lâmpadas, considerou-se que a troca se dará de modo gradual, assumindo-se que a cada ano somente 7% das lâmpadas incandescentes serão substituídas pelo modelo mais eficiente. Ademais, considerou-se que, ao final do horizonte, esse modelo predominará em 25% dos domicílios.

Como resultado destas premissas e demais hipóteses adotadas para o percentual de domicílios ligados à rede elétrica, posse dos principais equipamentos e hábitos de consumo das famílias, estima-se que a energia

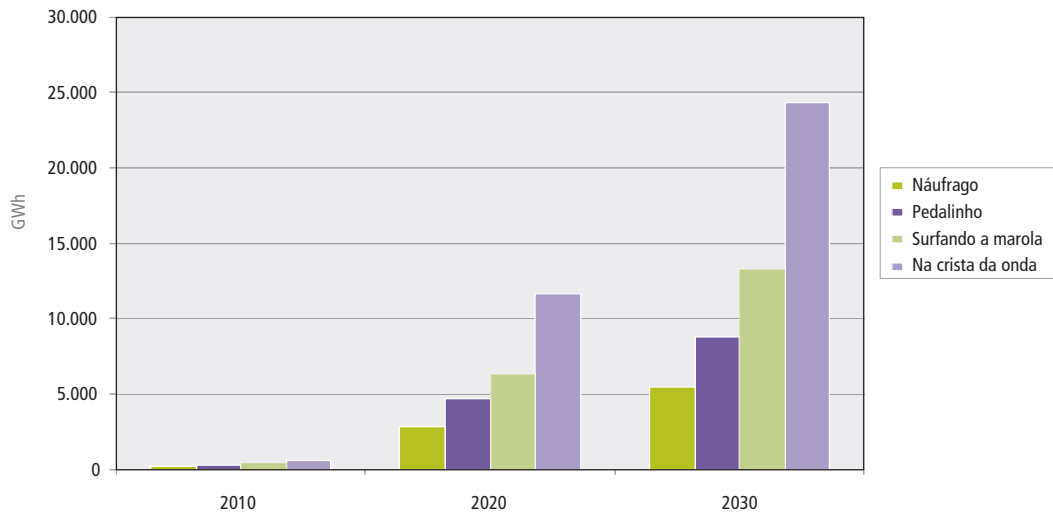
conservada no setor residencial possa atingir 42 TWh no ano de 2030 no cenário Na Crista da Onda, como ilustrado na figura abaixo.

Figura 13 - Eletricidade conservada no setor residencial por cenário nacional

Em termos comparativos, isto significa em considerar um percentual de energia conservada em 2030 entre 6,1% e 12,2% para os cenários Náufrago e Na Crista da Onda, respectivamente, caso não houvesse o progresso autônomo.

3.3. Setor comercial

Como o setor comercial é tratado de maneira bastante agregada, a estimativa do montante de conservação de eletricidade é realizada tendo como base os coeficientes de rendimento médio por uso apresentados no Balanço de Energia Útil (MME/FDTE, 2005). O ritmo de penetração da eficiência elétrica foi diferenciado de acordo com o cenário, tendo-se assumido a maior taxa de ganho de eficiência no cenário Na Crista da Onda e a mais lenta, no cenário Náufrago. Nos dois cenários de menor crescimento econômico (Pedalinho e Náufrago), admitiu-se que o melhor rendimento disponível no uso de eletricidade (conforme dados do BEU) só é atingido ao final do período (2030), enquanto que nos dois cenários de maior crescimento econômico (Na Crista da Onda e Surfando na Marola), a taxa de ganho é aproximadamente duas vezes a observada nos cenários de menor crescimento econômico.

Como resultado destas premissas e também em função do nível de crescimento de participação deste setor no PIB em cada cenário (por exemplo, no cenário Na Crista da Onda, o setor comercial aumenta sua participação no PIB de 53,1% para 60,8% até 2030), a conservação de eletricidade resultante do progresso autônomo varia entre aproximadamente 5,5 TWh e 24,2 TWh em 2030, como se pode observar na Figura 14. Em termos comparativos, isto significa em considerar um percentual de energia conservada entre 3,3% e 8,0% do total para o cenário Náufrago e Na Crista da Onda, respectivamente, caso não houvesse o progresso autônomo.

Figura 14 – Eletricidade conservada no setor comercial brasileiro por cenário

3.4. Setor agropecuário

No modelo MIPE, o crescimento da demanda de eletricidade no setor agropecuário depende, além da participação setorial em cada cenário, também de variáveis como o grau de eletrificação das propriedades rurais e da evolução da eficiência no uso final. Utilizando os dados do Balanço de Energia Útil (MME/FDTE, 2005), a demanda por força motriz em 2004 correspondeu a 70,2% do total de energia final, onde o consumo de eletricidade para esta finalidade respondeu por 18,8%, sendo os 81,2% remanescentes atendidos pelo consumo de óleo diesel.

Nos cenários "Na Crista da Onda" e "Surfando a Marola", a hipótese sobre a evolução da eficiência baseia-se em ganhos correspondentes ao atingimento, em um período de dez anos, dos melhores coeficientes de eficiência energética por serviço energético, a partir dos valores apresentados no Balanço de Energia Útil.[4] Isto permite um ganho percentual de eficiência, em 2030, de aproximadamente 5% em relação ao ano-base, ou seja, a eficiência do consumo de eletricidade no setor agropecuário para força motriz corresponderia, em média, a 94,1%, no final do horizonte.

Por outro lado, nos cenários de menor crescimento econômico ("Pedalinho" e "Náufrago"), o ritmo de penetração do uso eficiente de eletricidade é menos acelerado, tendo-se assumido que os máximos ganhos de eficiência para força motriz somente seriam atingidos ao final do horizonte. Assim, em termos totais, estes ganhos corresponderiam a cerca de 2% em 2030. Neste caso, a eficiência média setorial no uso de eletricidade seria de aproximadamente 91%.

Adicionalmente, a Figura 15 exibe o montante de eletricidade conservada em cada um dos quatro cenários considerados, variando entre 66 e 508 GWh em 2030. Considerando a energia elétrica total conservada cumulativamente, o consumo evitado de eletricidade situa-se entre 691 e 3.880 GWh. Em termos relativos, estes montantes correspondem a algo em torno de 0,1 a 0,5% do consumo total do setor agropecuário no período compreendido entre 2004-2030, para os cenários "Náufrago" e "Na Crista da Onda", respectivamente.

4 Em termos de uso da eletricidade, em 2004 registrou-se uma eficiência média em torno de 83,4%, segundo dados do Balanço de Energia Útil. Em termos de uso final, predominou a utilização da eletricidade para força motriz (85,1%), como um rendimento médio de 89% em 2004 (FDTE/MME, 2005).

Conforme os dados do Balanço de Energia Útil 2005, poder-se-ia estimar um potencial técnico de conservação de eletricidade no setor agropecuário em torno de 1,9% a 5,0%, conforme os usos considerados, como se pode observar na Tabela 4, o que sinaliza certo grau de conservadorismo na estimativa de conservação de eletricidade nos cenários nacionais: (1) A- "Na Crista da Onda": 0,5%; (2) B1- "Surfando na Marola": 0,4%; (3) B2- "Pedalinho": 0,2%; (4) C- "Naúfrago"- 0,1%.

Figura 15 – Eletricidade conservada no setor agropecuário por cenário nacional

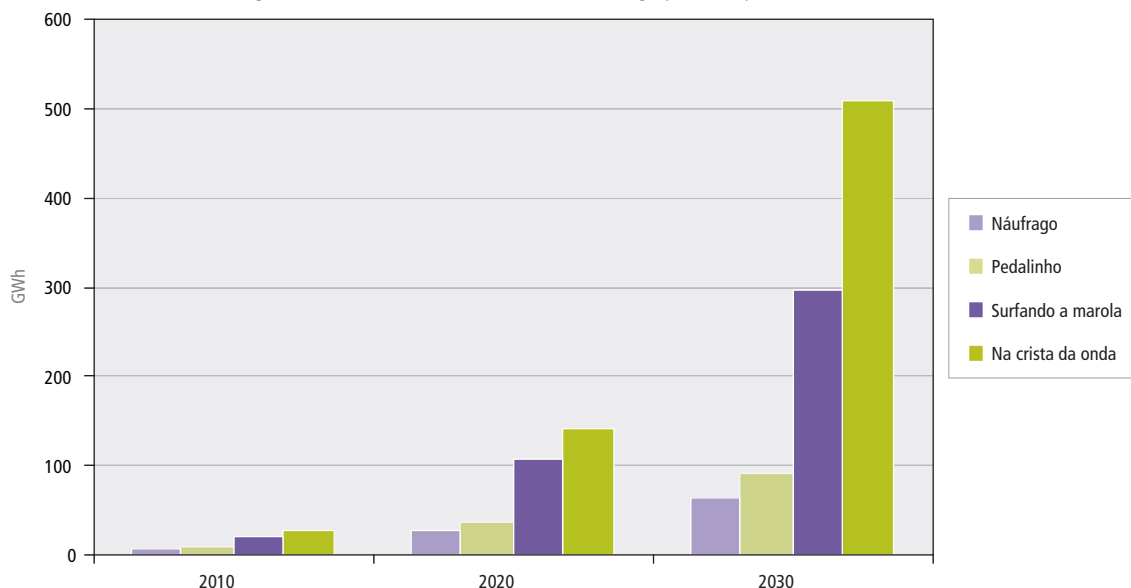



Tabela 4 – Eletricidade no setor agropecuário por uso conforme o Balanço de Energia Útil

Uso final considerado	% de economia de energia[1]
Força motriz	1,9
Refrigeração	1,3
Iluminação	1,8
Total	**5,0**

Nota: 1- Em relação ao perfil de consumo do setor agropecuário no ano de 2004.
Fonte: elaborado a partir de MME/FDTE, 2005.

Nos cenários "Na crista da onda" e "Surfando a Marola", assumiu-se que a eficiência média setorial atingiria os melhores coeficientes de eficiência energética disponíveis por uso (força motriz, aquecimento direto, calor de processo, iluminação, refrigeração e outros) em um período de dez anos, ou seja, até 2016.

Para o restante do período (2017-2030), assumiu-se que estes coeficientes de eficiência manteriam a taxa de melhoria neste período, o que significa dizer que os ganhos se processarão de forma tendencial ao observado historicamente.

Embora, à primeira vista pareça ser conservadora a premissa adotada, deve-se lembrar que os coeficientes de eficiência energética apresentados no BEU correspondem, certo modo, a uma estimativa de potencial técnico, o que pode ser considerado um limite superior dos ganhos de eficiência atualmente disponíveis, diante da disponibilidade de dados do setor.

Neste contexto, ao se visualizar esta premissa como o atingimento do potencial técnico em 10 anos e como média setorial, a premissa mostra-se bem menos conservadora do que pode parecer à primeira vista.

Por outro lado, nos cenários de menor crescimento econômico (Pedalinho e Náufrago), o ritmo de penetração do uso eficiente de eletricidade tem uma dinâmica menos acelerada e, pela menor taxa de difusão do uso eficiente de energia, assumiu-se como premissa básica que estes ganhos seriam atingidos somente ao final do horizonte do estudo (2030).

4. Progresso induzido de uso eficiente de energia

Como já destacado, os montantes de conservação de eletricidade descritos no tópico anterior correspondem, certo modo, a uma estimativa conservadora dos possíveis ganhos de eficiência no uso de eletricidade no âmbito do PNE. Estes resultados, por sua vez, decorrem da dinâmica natural de renovação de equipamentos existentes, seja por questões intrinsecamente ligadas a determinadas indústrias, seja pela incidência de mecanismos e programas de uso eficiente de energia já existentes. A despeito de ser o potencial de conservação ser maior do que o resultante do progresso autônomo adotado em cada cenário econômico e energético, muitas barreiras, além da atratividade econômica, impedem um maior velocidade de penetração de medidas de eficiência energética.

A literatura é vasta neste tipo de consideração, da qual podemos citar Geller (2003) e Jannuzzi e Swisher (1997), que apontam: falta de informação, barreiras financeiras (falta de capital, custo de capital), decisão de compra pelo custo inicial, percepção diversa dos agentes (caso das construções, onde o construtor visa apenas o custo mínimo da obra), acesso à tecnologia eficiente, tarifas subsidiadas, incerteza quanto à evolução das tarifas, incerteza quanto aos resultados.

Assim, programas de incentivo ao uso eficiente de energia são necessários para aumentar a penetração das técnicas de uso mais eficiente de energia. Os mecanismos de promoção de eficiência energética podem ser de diversos formatos e abordagens. Atualmente, no Brasil, podem ser citados, entre outros:

• **Instituições de fomento**: PROCEL, no setor elétrico, e CONPET, para os combustíveis. O primeiro funciona no âmbito da Eletrobrás, desde 1985, e o segundo no âmbito da Petrobrás, a partir dos anos 90. O PROCEL possui ação destacada no setor, com vários programas em todos os setores de atividade – residencial, comercial e público, industrial, com ações que vão desde a conscientização nas escolas até a implementação direta de medidas de eficiência energética.

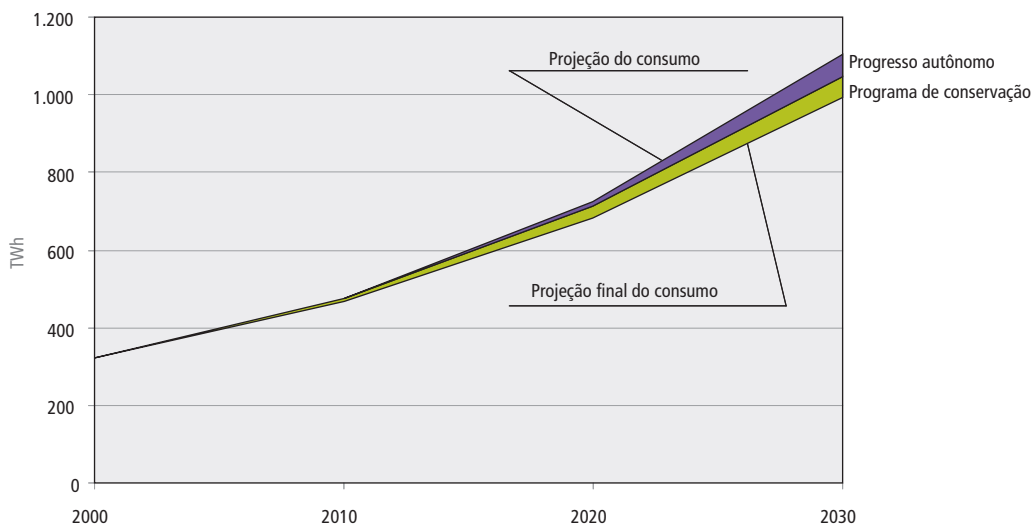
• **Etiquetagem e padronização**: estes mecanismos existem em diversos países do mundo e têm representado uma grande parcela da conservação conseguida. Eles visam aumentar a eficiência dos equipamentos de uso final e se valem de dois expedientes: a etiquetagem, que informa ao usuário a eficiência comprovada do equipamento que está adquirindo e a padronização, que atua em geral de forma compulsória, retirando os equipamentos menos eficientes do mercado. Os dois mecanismos não são excludentes, ao contrário, a sua combinação produz os melhores resultados. O Brasil, neste sentido, vem conseguindo excelentes resultados, iniciando com a etiquetagem, que permite a reunião dos fabricantes e a definição de metas cada vez mais desafiadoras para os produtos; quando este processo está maduro, promulga-se a lei com os rendimentos mínimos obrigatórios, onde há interesse dos fabricantes nacionais por evitar a importação de equipamentos ineficientes.

• **PEE (Plano de Eficiência Energética)**: este plano, que obriga as distribuidoras de energia elétrica a aplicarem uma parte de sua receita operacional líquida no uso final de energia, é hoje o principal provedor de recursos para incrementar o uso mais eficiente de energia. Ele tem passado por uma série de revisões e ainda é objeto de críticas e sugestões de melhoria.

• **Mercado de ESCOs**: no Brasil, as ESCOs (Empresas de Serviços de Conservação de Energia, criadas para atuar em implantação de medidas de eficiência energética, principalmente através de contratos de *performance*) são empresas de engenharia, com pequeno capital, o que impede a obtenção de financiamentos. O BNDES criou, por isto, o PROESCO, que vincula a garantia do financiamento à pessoa física tomadora, o que deverá alavancar este mercado.

Muitos outros mecanismos de promoção ao uso de eficiente de energia podem ser citados. A IEA (2000), dentro do programa de desenvolvimento de GLD (gerenciamento pela demanda – IEA-DSM), cita onze mecanismos, divididos em mecanismos de controle, de financiamento, de apoio e de mercado. Também medidas como treinamento e conscientização são imprescindíveis para um desenvolvimento sustentado da eficiência energética, embora seus resultados sejam de avaliação difícil.

No âmbito do PNE 2030, a expansão do sistema elétrico brasileiro considerou a incidência simultânea dos ganhos de eficiência no uso de energia devido ao progresso autônomo e ao progresso induzido, permitindo a conservação em torno de 10% no ano de 2030. Na Figura 16 pode ser observada a evolução da curva de demanda elétrica no cenário "Surfando a Marola".

Figura 16 – Consumo final de eletricidade com incidência simultânea do progresso autônomo e induzido

Ressalte-se que estes números correspondem ao cenário macroeconômico "Surfando a Marola". É possível prever-se, por exemplo, no cenário "Na Crista da Onda", que pressupõe maior intercâmbio de tecnologias e maior pressão ambiental pelo aumento do uso eficiente da energia, que economias mais substanciais possam ser alcançadas.

5. Considerações finais

A Figura 17 ilustra a eletricidade total conservada devido ao progresso autônomo em cada cenário, ou seja, decorrente de ações/medidas de caráter tendencial, sem a incidência de novas políticas e programas de governo indutores da eficiência energética no país.

Em termos relativos, percebe-se que o progresso autônomo adotado nos quatro cenários de demanda embute maior percentual de conservação de eletricidade nos setores industrial e residencial, com crescente participação do setor comercial, motivada pela também crescente participação deste setor na economia, tanto maior quanto maior o cenário de crescimento econômico.

Ao final do horizonte deste estudo (2030), a participação do setor comercial na conservação de eletricidade resultante do progresso autônomo situa-se em torno de 20%, em todos os cenários, como ilustrado na Figura 18.

A menor contribuição da indústria neste montante de conservação, por sua vez, ocorre devido ao fato de, nos cenários de menor crescimento econômico, ser maior a participação dos segmentos grandes consumidores de energia na formação do PIB.

Visto ser a redução de custos com eletricidade um fator de competitividade para este tipo de segmento industrial, haveria menor espaço para ganhos adicionais em relação aos já observados. Exemplificando, na indústria de alumínio, o consumo específico médio no Brasil situa-se atualmente em torno de 15,1 MWh/t (EPE, 2006) com a melhor tecnologia consumindo em torno de 14,1 MWh/t (Tolmasquim & Szklo, 2000), ou seja, ganhos em torno de 6,6%.

Figura 17 – Eletricidade conservada (GWh) por setor/segmento e cenário

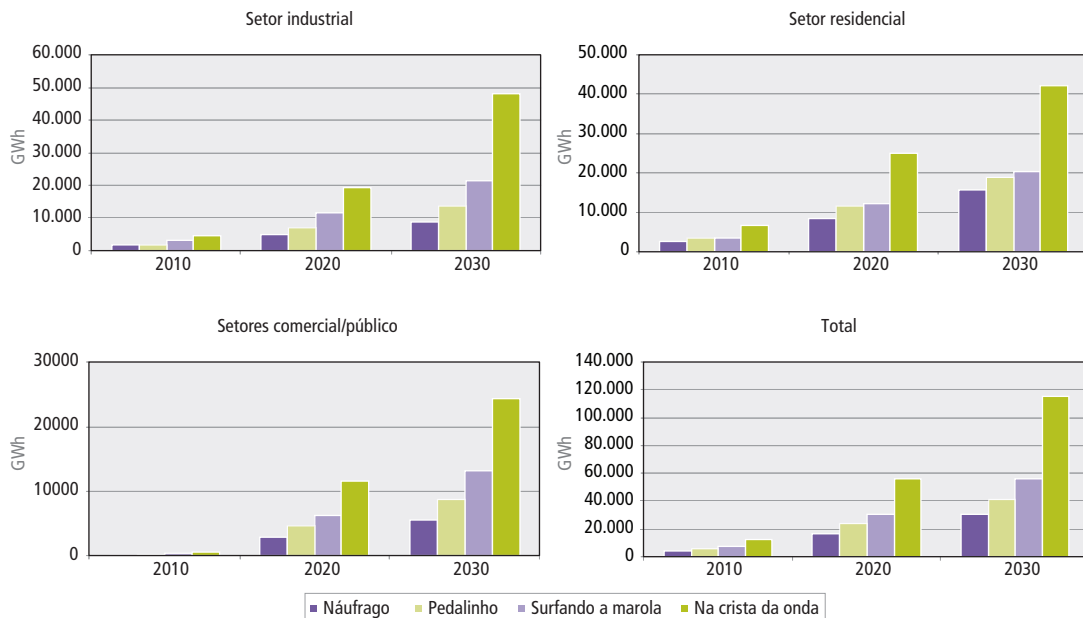
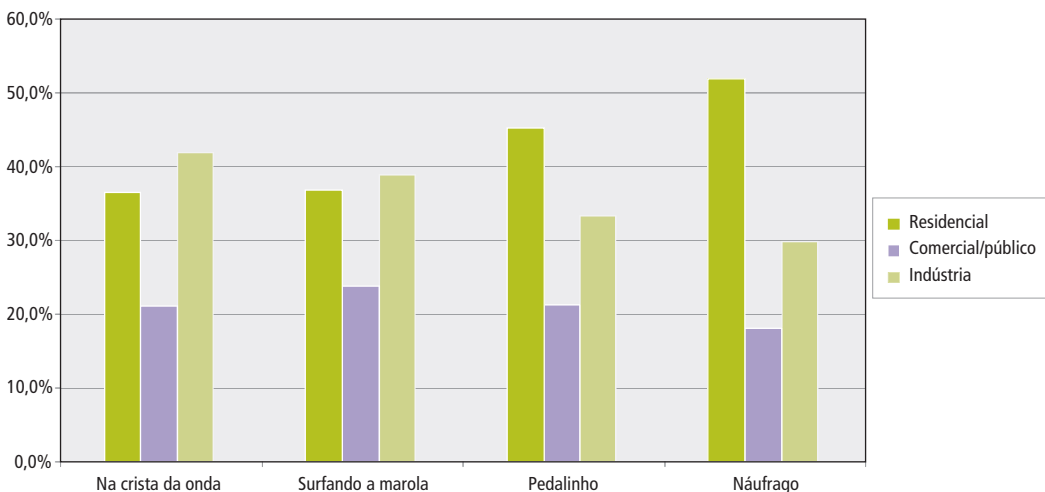



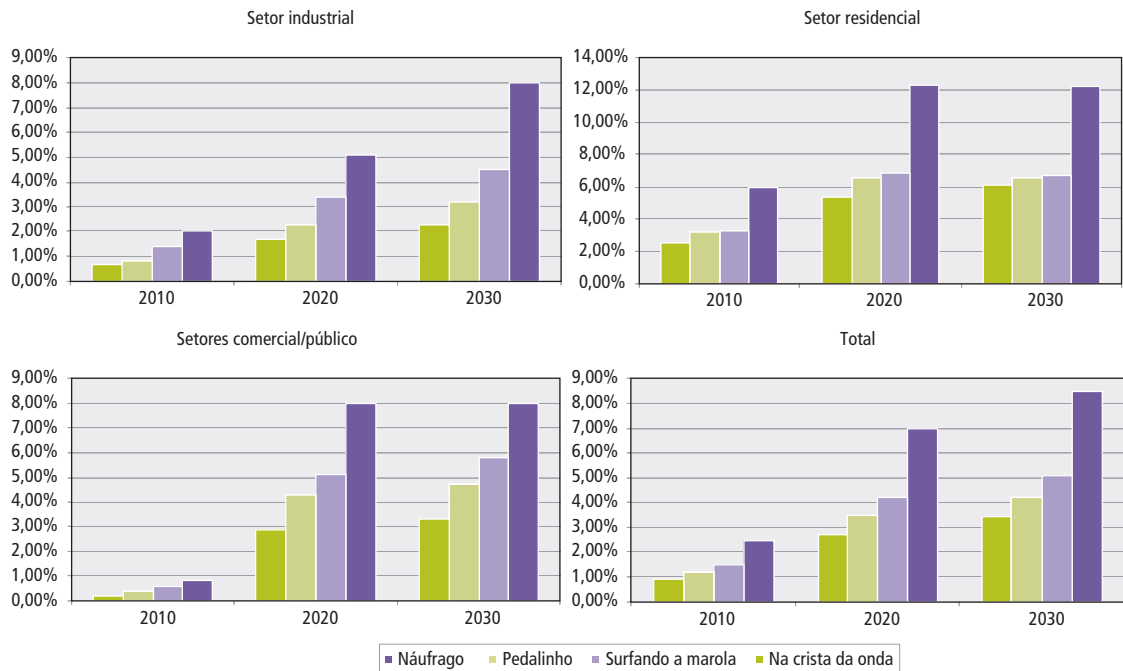
Figura 18 – Participação setorial na conservação de eletricidade em 2030 por cenário

Em relação a um cenário sem a incidência de progresso autônomo, os dados apresentados na mostram ser o setor residencial aquele que embute a maior parcela de conservação de eletricidade em todos os cenários: variando entre 6-12% em 2030, conforme o cenário econômico.

Ressalta-se que os números aqui apresentados podem ser considerados conservadores no que tange a um potencial técnico de conservação de eletricidade, uma vez que a principal linha qualitativa adotada para estabelecer a evolução da eficiência elétrica pautou-se nos dados publicados no Balanço de Energia Útil, que por sua vez consideram ganhos de eficiência em nível de equipamento de uso final.

Isto significa que, do ponto de vista sistêmico, os ganhos percentuais devido à conservação de eletricidade poderiam ser maiores do que aqueles apresentados na Figura 19.

Contudo, é conveniente destacar a existência de barreiras à disseminação das alternativas de uso eficiente de energia e que acabam por reduzir, na prática, a velocidade de penetração das mesmas nos setores de uso final. Tais barreiras incluem, por exemplo, restrições de capital para investimento (disponibilidade e/ou custo de oportunidade) e assimetria de informação. Além disso, esta disseminação também depende de um conjunto de ações coordenadas entre agentes pulverizados,[5] para que o potencial de eficiência energética se desenvolva mais aceleradamente, justificando a abordagem conservadora adotada no progresso autônomo de cada cenário.

5 Governo, atuando com políticas e programas voltados à promoção do uso eficiente de energia, agentes econômicos com atividade-fim voltada à implantação destas alternativas, atuando na oferta de capital para investimento e/ou serviços para venda/instalação de equipamentos mais eficientes e consumidores finais, os efetivos usuários destas tecnologias e de cuja percepção de ganhos advindos da eficiência precisam ser percebidos.

Figura 19 – Percentual de eletricidade conservada por setor/segmento e cenário comparativamente ao cenário sem progresso autônomo

Também é relevante apontar que a estimativa de um potencial de conservação de energia elétrica se depara com a necessidade de bases de dados confiáveis de modo a permitir avaliar as alternativas disponíveis para uso eficiente de energia. E estas alternativas também são dependentes de especificidades de cada setor de consumo final de energia, o que ratifica a necessidade de construção destas bases de dados.

De qualquer forma, no âmbito do PNE 2030, o progresso autônomo é responsável pela conservação de um montante de eletricidade entre 30,4 e 115,2 TWh no ano de 2030 (Figura 20), ou seja, entre 3,4% e 8,5% do consumo total de eletricidade no referido ano. Em termos do potencial instalado de geração evitada, pode-se dizer que o mesmo seria entre 4,0 e 15,5 GW médios 2030,[6] ou seja, podendo atingir cerca de duas vezes a capacidade instalada de geração da usina hidrelétrica de Itaipu, no melhor cenário de crescimento econômico (Na Crista da Onda).

6 Considerando-se perdas médias na transmissão e distribuição de 14-15%.

Figura 20 – Eletricidade conservada por cenário

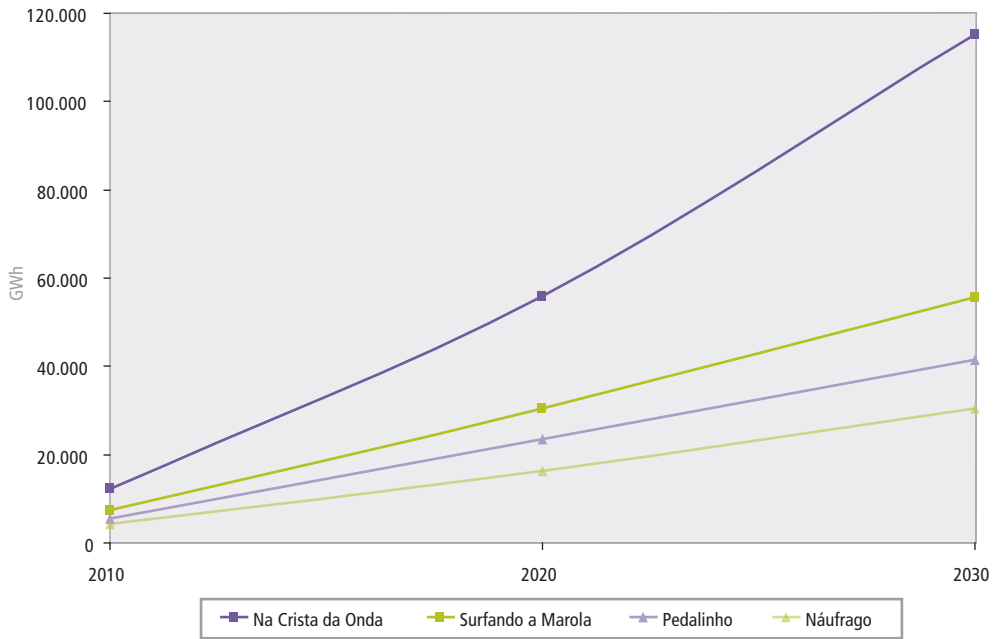
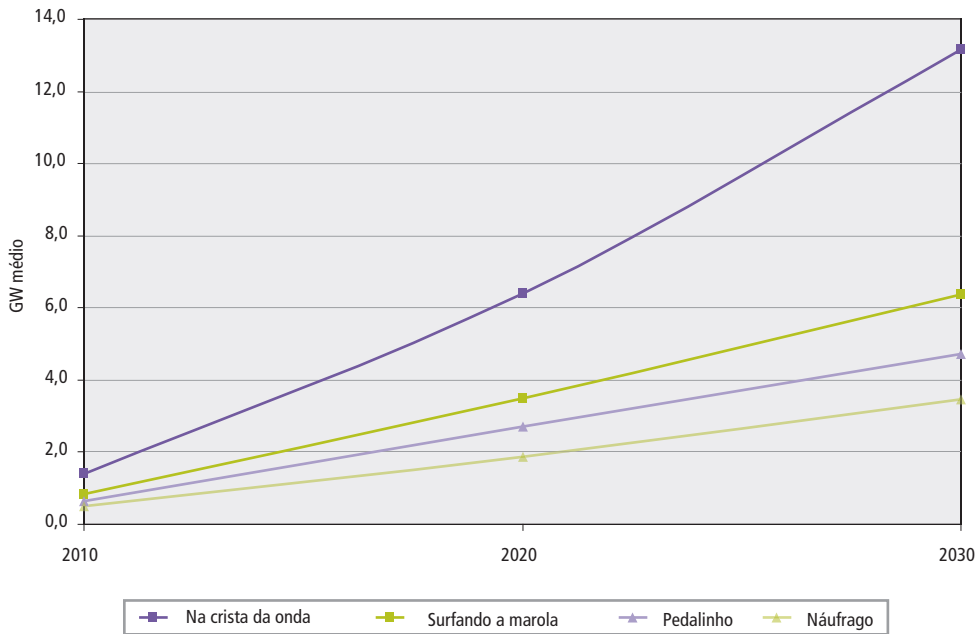



Figura 21 – Capacidade de geração evitada por cenário (GW médio)

GW médio

14,0
12,0
10,0
8,0
6,0
4,0
2,0
0,0

2010
2020
2030

Na crista da onda
Surfando a marola
Pedalinho
Náufrago

Finalmente, não obstante o montante de conservação devida ao progresso autônomo apresentar valores significativos, cumpre lembrar ser possível atingir montantes mais expressivos de conservação de eletricidade através de uma ação do Estado brasileiro, fomentando programas específicos que induzam à penetração mais veloz de tecnologias e hábitos de consumo de eletricidade mais eficientes.

De fato, no cenário “Surfando a Marola”, a definição da expansão do setor elétrico brasileiro no longo prazo assume que a incidência de políticas governamentais sobre a eficiência energética possibilitará ganhos adicionais de 5,3% em termos de energia conservada, decorrentes do progresso induzido no uso eficiente de eletricidade.

Assim, da demanda de eletricidade obtida em 2030 – que já engloba parcela de conservação de eletricidade devido ao progresso autônomo -, descontou-se uma parcela adicional de consumo de eletricidade, que seria obtida através do fomento à eficiência energética no país. A demanda resultante de eletricidade após estas considerações é, então, o montante a ser considerado para estimativa da expansão do setor elétrico brasileiro no longo prazo, cuja ferramenta utilizada é o MELP – Modelo de Planejamento da Expansão da Geração a Longo Prazo -, cujos resultados são apresentados em nota técnica específica.

6. Referências bibliográficas

ABIQUIM [Associação Brasileira da Indústria Química]. Estatísticas básicas. Disponível em: http://www.abiquim.org.br. Acesso em Novembro/2006.

ACHÃO, C. C. L. "Análise da estrutura de consumo de energia pelo setor residencial brasileiro". Tese MSc. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro: 2003.

ALMEIDA, M. A.; SCHAEFFER, R.; LA ROVERE, E. L. (2001) "The potential for electricity conservation and peak load reduction in the residential sector of Brazil". Energy, Volume 26, Issue 4, Pages 413-429.

BLOK, K. (2005) "Enhanced policies for the improvement of electricity efficiencies" Energy Policy, Volume 33, Pages 1635-1641.

BRASIL. Lei 9.991 de 24.jul.00 – "Lei de Eficiência Energética". Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências. Publicado no D.O. de 25.07.2000, seção 1, p. 1.

ENERDATA (2003) "Energy efficiency in the European Union 1990-2001". *SAVE-ODYSSEE Project on Energy Efficiency Indicators*.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. O mercado de energia elétrica – Evolução a Longo Prazo. Outubro/2006. Rio de Janeiro, 2006a.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. Boletim de Análise e Conjuntura Energética. Junho/2006. Rio de Janeiro, 2006b.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. Mercado de Energia Elétrica: 2006-2015. Rio de Janeiro, 2006c.

FDTE/MME [Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia/Ministério das Minas e Energia]. "Balanço de Energia Útil 2005". Brasília, 2005.

GARCIA, F.; BANDEIRA, S. C.; LUCINDA, C. R. A contribuição econômica e social da indústria energo-intensiva brasileira. Relatório de Pesquisa. São Paulo. 2005.

GELLER, H.SS.; SCHAEFFER, R.; SZKLO A.; TOLMASQUIM, M. T. (2004) "Policies for advancing energy efficiency and renewable energy use in Brazil". Energy Policy, Volume 32, Issue 12, Pages 1437-1450.

GELLER, H. S.; JANNUZZI, G. M.; SCHAEFFER, R.; TOLMASQUIM, M. T. (1998) "The efficient use of electricity in Brazil: progress and opportunities". Energy Policy, Volume 26, Issue 11, Pages 859-872.

GELLER, H. S. "Revolução Energética: políticas para um futuro sustentável" Rio de Janeiro: Relume Dumará: USAid, 2003.

IEA – International Energy Agency. Task VI: Mechanisms for Promoting DSM and Energy Efficiency in Changing Electricity Businesses. Final report. [S.l.]: IEA, mar.2000.

IBGE [Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística] (2002) "Censo Demográfico 2000 – Primeiros Resultados da Amostra". Rio de Janeiro.

_______ (2006). Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD (vários anos). Disponível em http://www.sidra.ibge.gov.br. Acesso em Março/2006.

INMETRO [Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial] (2006) Tabelas de consu-

mo/eficiência energética. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp Acesso em Abril/2006.

JANUZZI, G. de M. e SWISHER, J. N. P. Planejamento Integrado de Recursos Ener-géticos: Meio Ambiente, Conservação de Energia e Fontes Renováveis. Campinas – SP: Autores Associados, 1997.

MME – MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. Eficiência Energética na Retomada do Planejamento. Apresentação feita por Ceres Cavalcanti ao Workshop sobre Leilão de Eficiência Energética em 7.dez.2006. Rio de Janeiro: EPE, 2006.

PROCEL [Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica] (2006). "Catálogo Selo Procel 2005". Rio de Janeiro.

PROCEL/PUC [Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica/Pontifícia Universidade Católica RJ] (2006). "Pesquisa de Posse de Eletrodomésticos e Hábitos de Uso". Segmento Residencial BT. Relatórios Técnicos. Rio de Janeiro.

TOLMASQUIM, M. T.; SZKLO, A. S. (coords). Manual descritivo do modelo MIPE. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro: 1997.

TOLMASQUIM, M. T.; SZKLO, A. S. (coords.) "A matriz energética brasileira na virada do milênio". ENERGE/PPE. Rio de Janeiro: 2000.

TOLMASQUIM, M.; SZKLO, A.; SOARES, J. B. Mercado de gás natural na indústria química e no setor hospitalar do Brasil. E-papers serviços editoriais. Rio de Janeiro. 2003.

ANEXO

Critérios de agrupamento de setores industriais grandes consumidores de energia

A desagregação do setor industrial seguiu inicialmente a divisão adotada no Balanço Energético Nacional (BEN), conforme apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 – Consumo final de energia e participação por segmento industrial do Balanço Energético Nacional em 2005.

Setor/segmento	Mil tep	%
Alimentos e bebidas	17.534	24,2
Cerâmica	3.176	4,4
Cimento	2.726	3,8
Ferro-ligas	1.786	2,5
Ferro-gusa	17.434	24,1
Não-ferrosos	5.037	7,0
Mineração e pelotização	2.363	3,3
Papel e celulose	7.959	11,0
Química	6.842	9,4
Têxtil	1.120	1,5
Outras indústrias	6.424	8,9
Total	**72.401**	**100,0%**

Fonte: EPE/MME, 2006.

Optou-se, entretanto, por simplificar ainda mais a análise da participação relativa dentro da indústria, agregando os 11 segmentos industriais do BEU em apenas dois grupos, de acordo com o interesse mais direto ao escopo deste estudo: grandes consumidores de energia e demais indústrias.

Deve-se destacar que implementar esta desagregação não é uma tarefa trivial, visto que a definição de grande consumidor de energia não é imediata. Para exemplificar esta dificuldade, em termos absolutos, o segmento de ferro-ligas não registra grande participação no consumo total de energia e de eletricidade (2,5% e 5,0% do total da indústria, respectivamente), mas seu consumo específico de eletricidade (6.900 kWh/t) o torna especialmente relevante para os grandes consumidores de eletricidade.

Garcia *et al.* (2006) definem a indústria energo-intensiva como aquela composta de segmentos industriais cujo consumo individual de energia supera 2% do total consumido pelo setor industrial, ou pelos setores cujas razões “despesa com energia/custo operacional” ou “despesa com energia/valor adicionado” superam 7,5%. Entretanto, a incompatibilidade entre a base de dados empregadas por Garcia *et al.* (2006) e a empregada em nosso estudo impossibilita a utilização dos critérios anteriores para delimitar os setores energo-intensivos da indústria.

Com base na desagregação do Balanço Energético Nacional, a definição do grupo de grandes consumidores foi estabelecida a partir da avaliação de três critérios:

Intensidade energética: Em geral, os consumidores industriais energo-intensivos também são aqueles que possuem alta intensidade energética. Para estabelecer um critério de segmentação, adotou-se a seguinte premissa: segmentos industriais cuja intensidade energética se mostrasse superior a duas vezes a média da indústria, seriam classificados no grupo de grandes consumidores de energia. Utilizando-se este critério, seriam excluídas do grupo de grandes consumidores de energia os segmentos química, têxtil e outras indústrias, como se pode ver pela Tabela 6.

Tabela 6 – Comparação da intensidade energética nos segmentos industriais para o ano de 2004

Setor	Intensidade energética[1] (tep/mil US$)	Intensidade energética relativa[2]
Indústria - total	0,288	1,00
Extrativa mineral	0,618	2,15
Não metálicos	0,803	2,79
Metalurgia[3]	0,963	3,35
Química	0,201	0,70
Alimentos e bebidas	0,651	2,26
Têxtil	0,402	1,40
Papel e celulose	0,612	2,13
Outras	0,042	0,15

Notas: 1 - Em US$ constante de 2005; 2 - Relativa à intensidade energética da indústria como um todo; 3 - Inclui os seguintes segmentos industriais ferro-gusa e aço; ferro-ligas e não-ferrosos e outros da metalurgia.
Fonte: EPE/MME, 2006.

Consumo específico de energia: A exemplo do realizado para o consumo específico de eletricidade, este indicador visa avaliar a magnitude do consumo específico de energia por segmento. Estes dados são disponíveis/estimados para alguns segmentos industriais e são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Consumo específico de energia em segmentos industriais

Segmento da indústria	Consumo Específico (tep/t)
Cimento	0,076
Ferro-gusa e aço	0,552
Não-ferrosos e outros metalurgia	1,097
Ferro-ligas	1,411
Papel e celulose	0,410
Alimentos e bebidas[1]	0,144
Química[2]	0,189

Nota: 1- estimado a partir de Tolmasquim e Szklo (2000) e EPE/MME (2006); 2- estimado a partir de EPE (2006c) e ABIQUIM (2006).
Demais valores apresentados: a partir de EPE/MME (2006)

Participação do segmento no consumo total de energia: por este critério, podem-se estabelecer aqueles segmentos industriais com relevante peso no consumo de energia. Seguindo o mesmo critério adotado no caso do consumo de eletricidade, foram classificados como grandes consumidores de energia aqueles segmentos da indústria cujo consumo individual fosse superior a 5% em 2004, conforme dados apresentados na Tabela 5.

A partir do estabelecimento deste conjunto de critérios, estabeleceu-se uma matriz comparativa entre os vários segmentos industriais, apresentada na Tabela 8. Estabeleceu-se uma pontuação de acordo com a inclusão (ou não) de um dado segmento industrial em cada um dos critérios analisados, sendo o somatório desta pontuação por critério utilizada para a agregação dos segmentos que compõeM os grandes consumidores de energia em nosso estudo, sendo elegíveis neste critério aqueles segmentos industriais com maior pontuação.

Tabela 8 – Critérios para classificação de segmentos industriais do Balanço Energético Nacional em grandes consumidores de energia e outras indústrias

Segmento	Critério			Total
	Intensidade energética	Consumo específico	Participação no consumo total de energia	
Alimentos e bebidas	1,0	1,0	0,0	**2,0**
Cerâmica	1,0	0,0	0,0	**1,0**
Cimento	1,0	0,0	0,0	**1,0**
Ferro-ligas	1,0	0,0	1,0	**2,0**
Ferro-gusa	1,0	1,0	1,0	**3,0**
Não-ferrosos	1,0	1,0	1,0	**3,0**
Mineração e pelotização	1,0	1,0	1,0	**3,0**
Papel e celulose	1,0	1,0	1,0	**3,0**
Química	0,0	1,0	1,0	**2,0**
Têxtil	0,0	0,0	0,0	**0,0**
Outras indústrias	0,0	1,0	0,0	**1,0**

Para efeito de nosso estudo, utilizou-se a soma aritmética dos três critérios e a seguinte classificação foi adotada: aqueles segmentos com valor superior a 1,0 foram considerados grandes consumidores de energia. Estão neste grupo, portanto: alimentos & bebidas, papel & celulose, ferro-gusa e aço, ferro-ligas, mineração & pelotização, não ferrosos e outros da metalurgia e química. Cimento, cerâmica, têxtil e outras indústrias foram classificadas no grupo demais indústrias.

Participantes da Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético - DDE/SPE/MME

Coordenação Executiva
Laura Cristina da Fonseca Porto

Coordenação Técnica
Ceres Zenaide Barbosa Cavalcanti
Paulo Augusto Leonelli

Equipe Técnica
Alexandre Ramos Peixoto
Alvaro Afonso Furtado Leite
Augusto César Campos de Sousa Machado
Ceres Zenaide Barbosa Cavalcanti
Eduardo Rodrigues
Jamil Haddad
José Antônio Sales de Melo
José Henrique Duarte Campos
Luiz Horta Nogueira
Manoel Nogueira
Paulo Augusto Leonelli
Paulo de Tarso de Alexandria Cruz
Sérgio Bajay
Sérgio Peres

SUMÁRIO

SUMÁRIO
Continuação

1. Introdução

Uma das questões mais importantes identificadas nos estudos da expansão de oferta de energia elétrica de longo prazo é a certeza de uma antecipação da transição de uma expansão majoritariamente hidráulica, para uma expansão com uma participação térmica relevante, como mostrou o estudo da MEN 2023 (SPE/MME, 2006) e os atuais estudos de mercado do PNE.

A escolha de quais fontes que estarão na nova matriz da expansão da geração elétrica é baseada em estudos técnicos, mas deve ser visto como uma decisão estratégica de governo. A preocupação ambiental e social é um fator presente nestes estudos, o que favorece a inserção de fontes limpas. A exemplo da expertise que o Brasil adquiriu na tecnologia de hidroeletricidade e álcool, pode-se investir hoje em mecanismos que incentivem mercados e direcionem investimentos em pesquisas para desenvolver futuras competências e infra-estruturas sustentáveis para o desenvolvimento de determinadas fontes de energia no sentido de procurar nacionalizar tecnologias e assim minimizar, no horizonte de longo prazo, o impacto no custo do insumo "energia elétrica" que é base para o desenvolvimento econômico do País.

A opção estratégica do país investir em eficiência energética é a opção que menos agride o meio ambiente, gerando empregos, e com uma expectativa crescente do aumento de sua competitividade comparada às outras opções de expansão da oferta de energia.

O encarecimento do insumo "energia" torna um país menos competitivo e menos social, visto que este bem tem o poder de interferir em todos os segmentos da economia e excluir determinadas grupos de pessoas, com menor poder aquisitivo, da possibilidade de obter melhor qualidade de vida e melhorar suas atividades comerciais.

Muitos países vêm investindo em mecanismos de incentivo à eficiência energética, seja por um Gerenciamento pelo Lado da Demanda (DSM) ou outros mecanismos de mercado criados para estimular as empresas investir em projetos do uso eficiente da energia. A Agência Internacional de Energia, com sede em Paris, afirma em suas apresentações que a Eficiência é "o mais importante combustível" do futuro.

Desta forma, os atuais estudos energéticos do Governo Brasileiro vem se voltando para a estratégia de eficiência energética, com a preocupação de definir metas, prazos e a continuidade da energia conservada.

Para atingir tal objetivo, assim como a maioria dos países, o Brasil tem problemas com levantamento de dados e a operacionalização da atividade de monitoramento e verificação, que vem trabalhando no sentido de minimizá-los.

O presente texto inicia com uma revisão e proposta de uma nova abordagem em que a eficiência é tratada como uma opção à oferta de energia no Brasil. O texto segue com uma consolidação e análise crítica das estratégias adotadas no Brasil e no mundo e uma análise sobre o papel da cogeração e GD para a eficiência energética.

Este trabalho é fruto das discussões de um grupo de especialistas que se reuniram durante o ano de 2006, coordenado pelo MME, com objetivo de amadurecer novos conceitos aqui apresentados. Fazem parte deste grupo especialistas de renome na área energética da academia Brasileira, assim como, representantes de instituições que historicamente vem trabalhando no tema. Todavia, o objetivo deste trabalho não foi estressar o assunto, mas iniciar uma discussão que resultaria neste primeiro texto, que será revisado continuamente com a evolução das discussões e apresentados nos próximos estudos de planejamento.

2. Eficiência no planejamento

O setor elétrico brasileiro, por ser um setor estratégico para o desenvolvimento sustentável de um país e em meados do século passado tornou-se estatal, apresentou um tradicional planejamento de qualidade. Na década passada esta atividade foi deixada em segundo plano, mas após o racionamento de 2001, conceitos mudaram e esta atividade foi resgatada nos últimos dois anos. Entretanto, tradicionalmente alguns temas alternativos, ou de suporte, a expansão do sistema elétrico brasileiro eram tratadas separadamente. Neste sentido, o PNE está inovando por abordar a eficiência energética e a inovação como parte da estratégia de expansão da oferta de energia. Entretanto, esta nova abordagem requer algumas discussões metodológicas, que são iniciadas neste primeiro capítulo. Assim, inicia-se com a descrição de alguns conceito iniciais, seguido com uma revisão metodológica e finalizado com o conceito da Usina Virtual.

2.1. Conceitos iniciais

A demanda por energia é derivada da necessidade de se realizar atividades produtivas ou de lazer na sociedade. Esta demanda pode ser atendida por diferentes fontes de energia, sejam elas primárias, como aquelas disponíveis na natureza[1], ou secundárias[2], como aquelas que resultam da conversão, em centros de transformação, de fontes primárias, ou de outras fontes secundárias de energia. Em cada setor da economia, requer-se energia para diversas finalidades, que são denominadas seus "usos finais", por exemplo, "força motriz", "aquecimento direto", "calor de processo", e "processos eletroquímicos".

Há perdas na conversão da energia primária ou secundária nos diversos usos finais. A energia efetivamente utilizada em cada uso final, ou seja, a energia consumida (energia final) menos as perdas, constitui o que se chama de "energia útil". Esta pode ser estimada por meio da multiplicação da energia consumida no uso final pelo rendimento da conversão.

Diminuir as demandas de energia útil sem sacrificar o conforto ou de lazer e, principalmente, aumentar a eficiência de conversão nos usos finais são os principais objetivos dos programas de conservação de energia.

Os programas de conservação de energia, ou eficiência energética, tipicamente são caracterizados por mecanismos de fomento a ações de conservação. Estas ações, por exemplo, podem estar direcionadas para a troca de equipamentos obsoletos por outros mais eficientes, mudanças de hábitos, ou, ainda, substituição de uma fonte de energia por outra, com ganhos de eficiência, entre outras possibilidades.

As decisões para se implantar novos programas de conservação de energia, encerrar ou ampliar programas existentes, usualmente são tomadas com base em objetivos e diretrizes definidos em políticas públicas voltadas para o fomento da eficiência energética.

Para seguir as diretrizes e se buscar atingir os objetivos destas políticas públicas, o Estado estabelece estratégias de atuação, que podem articular diversos mecanismos de fomento a ações de conservação. As decisões supracitadas sobre programas existentes e novos programas fazem parte destas estratégias de atuação. Análises sobre estratégias e mecanismos de fomento a ações de conservação que têm sido adotadas no exterior e no Brasil são feitas nos capítulos 3 e 4, respectivamente, deste volume do PNE, enquanto que propostas para o futuro são apresentadas na nota técnica "Estratégias para promoção da eficiência energética no Brasil".

1 Tais como petróleo, gás natural, carvão, lenha, cana de açúcar, urânio, energia hidráulica, energia solar, energia eólica.

2 Os derivados de petróleo, oriundos do processamento do petróleo em refinarias; o álcool combustível, que se origina a partir da cana de açúcar em usinas de açúcar ou destilarias; e a eletricidade que pode ser produzida, em usinas ou centrais geradoras, a partir de diferentes fontes primárias ou secundárias

■ 2.2.1. Eficiência energética

Estudiosos da década de 70, tais como Darley e Herberlin, trataram, tradicionalmente, a eficiência energética como uma variável técnica, mas estudos das últimas décadas consideram a "eficiência" também como uma variável comportamental (ESTER, GELLER, OLSEN, AIE), conforme Cavalcanti (2005). Assim, a Eficiência Energética pode ser interpretada como a economia de energia gerada para executar a mesma atividade antes realizada, seja pelo uso de um equipamento mais eficiente (característica técnica), ou mesmo de uma nova tecnologia, ou apenas pelo uso racional da energia (característica comportamental). O mesmo estudo considera que a "substituição energética" de uma fonte por outra menos nobre, como é o caso da energia elétrica por energia solar para gerar energia térmica, gera uma eficiência energética no sentido da prioridade do uso de fontes mais econômicas ou menos competitivas (característica de substituição energética).

Conforme descrito, e de acordo com a proposta da nota técnica MME (2006c), os mecanismos de eficiência podem ser classificados no que se refere a sua característica predominante: característica comportamental; característica técnica; característica de substituição energética.

Os projetos de eficiência energética podem ser uma alternativa para o governo no atendimento à evolução da demanda de energia, minimizando os impactos sócio-ambientais de qualquer que seja a alternativa em expansão da geração e transporte. Entretanto, diferentemente das opções de geração, a decisão do governo em investir em mecanismos de eficiência seria no sentido de reduzir consumo de energia e que a decisão final, em sua grande maioria, cabe ao consumidor final.

Para se planejar adequadamente novos programas de eficiência energética, é necessário se conhecer os potenciais de conservação de energia, por setores da economia e, sempre que possível, por usos finais. Estes potenciais podem ser classificados como: técnicos, econômicos, ou de mercado.

Os potenciais técnicos correspondem às economias de energia possíveis de serem alcançadas com o emprego das melhores tecnologias disponíveis no momento para o qual se deseja estimar estes potenciais. As economias de energia são mensuradas em relação a um consumo energético "tendencial", ou seja, utilizando o "mix" corrente ou projetado, sem o impacto de novos programas de eficiência energética, de tecnologias e hábitos de uso.

As reduções de consumo energético viáveis economicamente constituem os potenciais econômicos. Análises custo/benefício convencionais são usualmente empregadas para se estimar estes potenciais, que constituem uma parcela dos potenciais técnicos correspondentes.

Nem todo o potencial econômico de conservação de energia em um dado setor e uso final acaba sendo implementado, mesmo com excelentes programas de fomento, por conta de características específicas de parte dos consumidores. Estas características podem ser uma percepção de risco muito alta em relação a investimentos em conservação de energia, a consideração de objetivos não econômicos em decisões de investimentos, e o desconhecimento, ou a falta de credibilidade a respeito dos benefícios a serem auferidos com as medidas de conservação. Alguns estudiosos do assunto têm utilizado taxas de retorno dos investimentos mais elevadas do que as usuais para tentar estimar estas frações dos potenciais econômicos, que são os potenciais de mercado; quanto maior for o peso relativo dos consumidores com as características acima citadas, maior deve ser a taxa de retorno utilizada. Para evitar fatores subjetivos na fixação destas taxas de retorno, outros estudiosos têm preferido basear suas estimativas dos potenciais de mercado em extensas e detalhadas pesquisas de campo, envolvendo preferências dos consumidores.

2.2. Os modelos existentes

Novos programas de eficiência têm sido levados em conta no planejamento energético principalmente por meio de quatro abordagens: descontar metas de conservação da demanda de energia projetada; assumir hipóteses sobre ganhos nos rendimentos de equipamentos, em modelos detalhados de projeção da demanda e/ou otimização da oferta de energia; utilizar a propriedade termodinâmica exergia, ao invés de energia, em modelos de simulação ou otimização econômica; e construir curvas de oferta de conservação de energia.

Estas quatro abordagens podem ser inseridas de duas formas principais: como uma variável de cenário da demanda e oferta[3] ou como uma variável de decisão de investimento.

Vale ressaltar que as quatro abordagens aqui apresentadas para a inclusão de novos programas de eficiência no planejamento energético não são mutuamente exclusivas, isto é, duas ou mais delas podem ser aplicadas em um mesmo plano.

2.2.1. Redução da demanda projetada de energia, por meio de metas de conservação

Esta abordagem usualmente contempla duas possibilidades. Na primeira, são estabelecidas metas de conservação de energia, com base em programas existentes, ou novos programas cuja entrada em operação no futuro esteja certa, e as economias de energia associadas a estas metas são descontadas da demanda projetada de energia. Assume-se, neste caso, que as metas dos programas de conservação considerados, existentes e novos, vão, de fato, se concretizar no futuro. Trata-se de uma visão determinística a respeito destes programas. A outra possibilidade já envolve uma visão prospectiva e utiliza o conceito de cenários[4] alternativos de desenvolvimento, que pode caracterizar várias possibilidades de programas de eficiência energética.

Esta abordagem tem sido utilizada nos últimos planos decenais do setor elétrico brasileiro, incluindo o Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica 2006-2015.

A principal limitação desta abordagem é não considerar explicitamente os custos e, por conseguinte, a competitividade dos programas de eficiência energética entre si e frente às alternativas de oferta.

2.2.2. Hipóteses sobre ganhos nos rendimentos de equipamentos

Modelos detalhados de projeção da demanda energética, como o MIPE (Tolmasquim & Szklo, 2000), o MAED (MME, 2006b) e o LEAD (MME, 2006c), que têm sido utilizados na elaboração das projeções da Matriz Energética Nacional - MEN, representam estoques de equipamentos e sua utilização. Este tipo de modelo permite assumir hipóteses sobre a evolução futura dos rendimentos destes equipamentos, seja como conseqüência da evolução tecnológica motivada por "forças de mercado", ou como resultado de programas de conservação de energia.

Analogamente, modelos detalhados de otimização da oferta, como o MELP[5] (CEPEL, 2006), o MESSAGE[6] e o MARKAL (ETSAP, 2004), também representam os principais tipos de equipamentos de conversão envolvidos na oferta de energia, possibilitando se adotar hipóteses sobre a evolução futura de seus rendimentos.

---

3 Neste caso terá uma visão determinística, se considerado apenas um cenário, ou alternativa quando considerado mais de um cenário.

4 "O propósito primário de um cenário não é o de predizer o futuro, e sim, o de organizar, sistematizar e delimitar as incertezas, explorando, sistematicamente, os pontos de mudança ou manutenção dos rumos de uma dada evolução de situações (Caio e Bermann, 1998)".

5 Utilizado nos estudos do PNE, para o setor elétrico.

6 Empregado nas projeções da MEN - 2023 (MME, 2006b) e no PNE

Nesta abordagem, tal qual na anterior, também se pode utilizar um enfoque determinista, ou se empregar um ou mais cenários para explorar os impactos de rotas alternativas para a evolução das eficiências dos equipamentos simulados, associados, por exemplo, a diferentes políticas e programas de fomento à eficiência energética.

Esta abordagem possui a mesma limitação da anterior no que diz respeito aos custos e, por conseguinte, a competitividade dos programas, mas apresenta a flexibilidade de representar diferentes tecnologias para diferentes rendimentos (com custos e potenciais distintos).

2.2.3. Emprego da propriedade termodinâmica energia

A propriedade termodinâmica exergia, ou disponibilidade, representa a capacidade de realização de trabalho. Ela se origina na 2ª Lei da Termodinâmica e propicia uma mensuração da qualidade dos fluxos energéticos. Balanços de exergia em sistemas energéticos, substituindo os balanços de energia, provêm informações não só sobre as perdas de energia, mas, também, sobre as irreversibilidades associadas aos diversos processos que participam dos sistemas analisados. Estas informações adicionais indicam os processos onde se tem maiores potenciais de ganhos de capacidade de realização de trabalho.

A combinação de análises termodinâmicas baseadas na 2ª Lei, utilizando a propriedade exergia, com análises econômicas originou uma nova abordagem no planejamento de sistemas energéticos, denominada Termoeconomia.

Esta abordagem já é bem aceita no dimensionamento e no planejamento da operação de sistemas energéticos complexos em que co-existem importantes fluxos térmicos em diferentes níveis de pressão e temperatura e oportunidades significativas de recuperação de energia térmica residual, tal como ocorre em diversos sistemas encontrados na indústria química, siderúrgica, de papel e celulose, além de unidades mais complexas de cogeração de energia mecânica/elétrica e energia térmica.

A utilização desta abordagem na modelagem de sistemas elétricos tem sido mais restrita. Destaque-se, no entanto, o caso de sistemas que contemplam usos térmicos elevados da eletricidade, situação em que esta abordagem pode, inclusive, fornecer informações úteis para a fixação de tarifas para este tipo de uso, refletindo as eficiências exergéticas envolvidas (Oliveira Filho & Galiana, 1996).

2.2.4. Construção de curvas de oferta de conservação de energia

O “Planejamento Integrado de Recursos” - PIR passou a ser aplicado no planejamento dos setores elétrico e de gás canalizado a partir de meados da década de 80 em alguns países, entre os quais se destacam os EUA, Canadá e Dinamarca.

Neste tipo de planejamento, analisa-se, de uma forma explícita e eqüitativa, um grande número de opções de suprimento e de ações sobre a demanda. Tenta-se internalizar custos sociais e ambientais associados às diferentes opções[7]. Efetua-se uma avaliação dos riscos e incertezas oriundos de fatores externos ao exercício de planejamento e, também, dos decorrentes das opções analisadas.

7 Ressalta-se a polêmica que envolve a definição de custos ambientais. Neste sentido, a MEN 2023 buscou trabalhar com indicadores que balizasse a questão. Por outro lado, o MESSAGE também oferece a otimização com a restrição de emissões máximas, por meio da informação de emissão por tep produzido.

A implantação dos conceitos inovadores trazidos pelo PIR motivou o desenvolvimento das "curvas de oferta de conservação de energia", que representam os custos unitários de diversos novos programas de conservação como funções da energia conservada (Meier, Wright & Rosenfeld, 1983). Estes programas são ordenados nas curvas em ordem crescente de seus custos.

Comparando-se os custos representados nestas curvas com os preços dos energéticos que os programas de conservação correspondentes irão economizar, podem-se auferir imediatamente os programas que são economicamente viáveis. Estas comparações são feitas por setor consumidor, ao longo do horizonte de planejamento. Como, frequentemente, os preços dos energéticos tendem a subir mais do que os custos de muitos dos programas de conservação de energia, programas que não são economicamente atraentes em um dado momento, podem vir a sê-lo em um momento futuro, ainda no horizonte de planejamento. Logo, as curvas de oferta de conservação de energia permitem se detectar os programas de conservação competitivos em cada intervalo de planejamento.

Os modelos de planejamento da expansão de sistemas energéticos, segundo BAJAY (2004) podem ser modelos setoriais (para um único setor da indústria de energia), multisetoriais (mais de um setor energético) e globais (todos os setores energéticos). Como as curvas de oferta de conservação de energia podem ser utilizadas como "usinas virtuais", conceituadas a seguir, tanto em modelos setoriais como o SUPER (Millán, Campo & Sánchez-Sierra, 1998), como em modelos globais como o MESSAGE e o MARKAL, estes modelos podem comparar diretamente os custos unitários de novos programas de conservação com os custos unitários de alternativas de expansão da oferta, escolhendo os programas competitivos com estas alternativas.

2.3. Usina virtual

Com o objetivo de tratar os programas de eficiência energética como variável de decisão de investimento para o atendimento da demanda de energia, surgiu o conceito da Usina Virtual (MME, 2006c). Esta usina representa a energia conservada resultante do conjunto de algumas estratégias de eficiência energética, e estariam competindo com as outras alternativas de geração de energia, ou de expansão do sistema, para atender o mercado de energia nos modelos de simulação utilizados pelos estudos de planejamento.

Conforme descrito na nota técnica do DDE/SPE/MME (2006c), a proposta seria caracterizar a eficiência energética nos modelos de planejamento por meio da variável de cenarização e de decisão de opção de investimento. O estudo do PNE contemplou as duas abordagens, porém com algumas limitações. No primeiro caso, seria por meio da definição de metas e hipóteses de evolução de rendimentos de equipamentos, como resultado de mecanismos já adotados e das estratégias estruturantes apresentadas na nota técnica "Estratégia de Promoção para Eficiência Energética no Brasil." deste volume. O montante de conservação resultante desta abordagem foi chamada "progresso autônomo", na qual contempla a evolução normal do mercado. O segundo caso, seria a Usina Virtual, que estaria representando as novas medidas do Governo, em especial as estratégias operacionais, também apresentadas na mesma nota técnica já citada deste volume, no qual o montante de conservação de energia resultante desta abordagem foi chamado "progresso induzido".

A Usina Virtual requer a definição de vários parâmetros, similarmente como é feito para a caracterização de qualquer outra usina inserida nos modelos de planejamento. Entretanto, as primeiras dificuldades emergem no cálculo dos principais parâmetros desta "usina virtual": custos e os potenciais. A exemplo do que é feito no plano decenal de energia, a escolha do conjunto de mecanismos que a "Usina virtual" irá compor

pode ser calculada por meio da curva de oferta de consumo, conforme já descrito. A seguir detalhamos as principais barreiras encontradas

■ 2.3.1. Principais barreiras

Necessidade de expandir a atual base de dados disponível no país

Para se ter uma aplicações completa e confiável das metodologias aqui discutidas sobre planejamento de novos programas de eficiência energética são necessárias informações e dados confiáveis sobre: Investimentos associados a cada medida de conservação; Economias anuais de energia que se espera obter de cada medida; Períodos de amortização destes investimentos; e Taxas de desconto dos investidores.

Para se estimar a economia de energia resultado de uma dada medida de conservação no País como um todo, ou em alguma de suas regiões, deve-se ter informações sobre a posse e os hábitos de uso dos equipamentos afetados por esta medida.

A base de dados atualmente disponível no País é ainda muito precária para realizar exercícios confiáveis de planejamento de novos programas de conservação de energia na maior parte dos setores consumidores, com algumas exceções, discutidas mais adiante neste volume do PNE. Neste contexto, deve-se mencionar o grande esforço despendido desde 2003, com uma pesquisa de posse e hábitos de consumo nos vários setores (DPS/PROCEL/ELETROBRÁS, 2006), para sanar paulatinamente esta grave lacuna, que é o primeiro obstáculo para uma inserção adequada de novos programas de eficiência energética nos planos energéticos do País. Desta forma, é necessário definir uma estratégia para expandir a base de dados disponível no País.

Auditar os resultados destes programas

Uma boa credibilidade futura do planejamento de novos programas de eficiência energética também está atrelada à montagem de uma estrutura institucional no país e uma metodologia adequada para a mensuração e verificação independentes dos resultados efetivamente auferidos por estes programas, assim como à inserção destas informações na base de dados supracitada.

3. Mecanismos de fomento à eficiência energética

■ 3.1. Introdução

O fomento à redução das perdas e desperdícios de energia ao nível de uso final é uma tarefa que tem comprometido diversos governos nas últimas décadas, como uma forma de melhorar o uso da capacidade instalada de produção e transporte de energia e atuar sobre a demanda, que passa a ser um componente gerenciável dos sistemas energéticos e dentro de limites, passível de ser inserido de forma ativa no planejamento setorial. Nesse sentido, apenas os atuais mecanismos de mercado não têm sido suficientes para promover os desejáveis e possíveis incrementos de eficiência no uso final da energia. É importante observar que todas as medidas para promoção do uso racional de energia não significam necessariamente a redução do uso final, porém a redução das perdas e desperdícios, sem afetar a intensidade e a qualidade dos serviços energéticos.

As ineficiências associadas à utilização dos sistemas energéticas associam-se essencialmente três grupos de causas:

• **projeto deficiente:** devido à concepção errônea do ponto de vista do desenho, materiais, processo de fabricação, os equipamentos e/ou os sistemas levam a desperdícios de energia, por exemplo, por utilizar lâmpadas ineficientes ou efetuar sua disposição incorreta frente aos princípios da utilização racional de energia.

• **operação ineficiente:** mesmo quando os sistemas energéticos são bem concebidos, podem ser operados de forma irresponsável, por exemplo, mantendo uma sala sem atividades com as lâmpadas desnecessariamente acesas.

• **manutenção inadequada:** uma parte das perdas e dos desperdícios de energia poderia ser minimizada mediante procedimentos adequados de manutenção corretiva e preventiva, que inclui a correta regulagem e controle dos sistemas, para que mantenham, na extensão possível do desempenho das condições originais.

3.2. Tipos de mecanismos e ações de promoção para a eficiência energética

Antes de revisar os mecanismos empregados para promover o uso mais eficiente de energia, é oportuno considerar os diferentes critérios que podem ser empregados para sua classificação.

As medidas para incremento do desempenho devem tomar em conta os diferentes níveis de intervenção, particularmente aqueles associados às causas mencionadas acima e na extensão possível, articular ações que combinem e potencializem os resultados na direção da eficiência energética. Por exemplo, a difusão de equipamentos mais eficientes não exclui recomendar sua utilização da forma mais eficiente, ou seja, reduzir sua utilização de forma indevida. Sob tais conceitos, é possível classificar os mecanismos de fomento à eficiência energética em dois grandes perfis:

• **Tecnológicos**[8]: implicam em implementar novos processos e utilizar novos equipamentos que permitam reduzir as perdas de energia;

• **Comportamentais:** fundamenta-se em mudanças de hábitos e padrões de utilização, reduzindo o consumo energético sem alterar o parque de equipamentos conversores de energia.

Esta classificação é importante sobretudo na medida em que as mudanças de processo ou de equipamentos requerem investimentos e estratégias bem diferenciadas dos processos de mudanças de hábitos e padrões de utilização.

Embora a promoção da eficiência energética dependa da decisão do consumidor final e possa ser desenvolvida por instituições empresariais, organizações não governamentais como entidades ambientalistas e de defesa dos consumidores, o presente documento dedica-se particularmente aos casos associados às ações de governo. Desse modo, no âmbito de sua implementação, os mecanismos de fomento à eficiência energética podem ser classificados como:

• **Mecanismos voluntários:** atua como motivador do mercado na implementação voluntária de ações de eficiência, seja de caráter econômico ou socioambiental.

• **Mecanismos compulsórios:** baseando-se em condicionantes de ordem legal, que impõem à adoção de procedimentos que determinam uma redução das perdas de energia, normalmente de perfil técnico.

8 Inclui a Substituição Energética, que aborda os mecanismos em que uma fonte de energia é subsitiuida por outra menos competitiva, mesmo que esta não gere redução de perdas, tais como é a cogeração ou a substituição de chuveiros elétricos ou aquecimento de água a gás por aquecimento de água solar.

Outra divisão de conceitos que deve ser ressaltada é a eficiência no consumo da energia e a eficiência na indústria de energia. O primeiro considera exclusivamente os sistemas energéticos no âmbito dos consumidores de energia. O segundo, envolve os processos de conversão e transporte de energia no âmbito das empresas do setor energético, no qual também se observam expressivas perdas energéticas. Entretanto, as medidas relacionadas ao primeiro grupo não se misturam ou combinam às ações relacionadas ao segundo grupo, que adotam abordagens diferenciadas e mais focadas, tendo em conta as evidentes especificidades desses agentes. O foco deste estudo foi dado ao consumo de energia, mas as estratégias de substituições energéticas, que apresenta um benefício na otimização da cadeia de energia, foram consideradas.

A IEA (2000) utiliza a classificação de mecanismos de controle, de financiamento, de apoio e de mercado.

Outro eixo de caracterização dos mecanismos refere-se à possibilidade de medir os resultados associados, que é sempre desejável porém nem muitas vezes não é possível de uma forma simples e consistente. Os mecanismos para promoção da eficiência energética podem ser muito diversificados e nos últimos anos têm sido propostos métodos gerais e estruturados para monitoramento dos resultados correspondentes à utilização desses mecanismos, como se tratará adiante.

A seguir se apresenta uma relação de mecanismos que vem sendo propostos ou utilizados em diversos países, procurando classificá-los segundo os critérios mencionados nos parágrafos anteriores.

Tabela 1 – Mecanismos de fomento à eficiência energética

Mecanismos	Perfil	Implementação	Medida dos resultados
Informação a consumidores			
Cursos de capacitação	Comportamental	Voluntária	Difícil
Divulgação de informações (publicações, portal)	Comportamental	Voluntária	Difícil
Oferecimento de disciplinas	Comportamental	Voluntária	Difícil
Introdução de equipamentos eficientes			
Doações de equipamentos eficientes	Tecnológica	Voluntária	Possível
Estabelecimento de padrões comparativos de desempenho energético (etiqueta, selo)	Tecnológica	Voluntária	Possível
Estudos e implementação de projetos			
Realização de diagnósticos energéticos	Tecnológica e comportamental	Voluntária	Difícil
Otimização da gestão energética	Tecnológica e comportamental	Voluntária	Difícil
Realização de contratos de performance com ESCO's	Tecnológica	Voluntária	Possível
Mecanismos legais, fiscais e creditícios			
Tributação reduzida para produtos eficientes	Tecnológica	Voluntária	Possível
Facilidades de crédito para troca de equipamentos, rebates	Tecnológica	Voluntária	Possível
Facilidades de crédito para substituição entre energéticos	Tecnológica	Voluntária	Possível
Exigência de níveis mínimos de eficiências obrigatórios para equipamentos, veículos e edifícios.	Tecnológica	Compulsória	Possível

Naturalmente que cada mecanismo poderia ser detalhado em seu objetivo, alcance, forma de implementação e expectativas de resultados, bem como em termos dos requisitos em recursos humanos e financeiros. No caso particular da informação aos consumidores, são certamente muito diferentes, no tocante aos tópicos acima, a realização de um programa de motivação para alunos e professores do ensino fundamental, um programa de capacitação para estudantes de cursos técnicos e de engenharia ou ainda um ciclo de palestras para gerentes de industrias. Esse tipo de mecanismo, a difusão de informações, é um dos mais importantes e

eventualmente o prioritário entre eles, a partir do qual podem ser implementados os demais. Embora aparentemente seja também um mecanismo de custo baixo, é imperativo que sejam utilizados de forma competente os recursos da comunicação social e efetuado um cuidadoso planejamento prévio, contando com pesquisas de mercado anteriores e posteriores, para avaliação dos resultados. Ainda no âmbito dos mecanismos associados à difusão de conhecimento, devem ocupar um lugar de destaque as ações associadas a cursos básicos e profissionalizantes, que atuam no sentido de formar uma cultura voltada ao uso racional dos recursos naturais e ao combate ao desperdício de energia, como se pretende com o programa PROCEL nas Escolas. Uma variante desses mecanismos de fundo motivacional seriam os prêmios associados ao reconhecimento pelos bons resultados na implementação de projetos de eficiência energética, que combinam os mecanismos do primeiro e do terceiro tipo e têm sido empregados com sucesso, inclusive no Brasil.

Os mecanismos associados a introdução de equipamentos eficientes têm sido largamente utilizados, compondo-se com políticas de desenvolvimento tecnológico e industrial. O Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), desenvolvido pelo INMETRO em articulação com o PROCEL e o CONPET tem tido uma destacada atuação e somando-se aos instrumentos da Lei Eficiência Energética, Lei nº 10.295/2001, compõe uma base normativa relevante em prol da redução das perdas energéticas.

Também podem ser bastante diversificados os mecanismos de estudos e implementação de projetos, que além de criarem o desejável "efeito demonstração", proporcionam casos concretos de economia de energia, consolidam experiências e auxiliam a determinar os focos prioritários de ação. Nesse contexto, por exemplo, os diagnósticos energéticos em empresas do setor terciário não guardam muita similaridade com os realizados em empresas de saneamento, mas em ambas situações constituem passos essenciais para o desenvolvimento de programas setoriais de maior alcance.

Os mecanismos visam três ações básicas: informar ou capacitar; induzir ou impor a utilização de processos, equipamentos e infraestrutura mais eficientes; substituição energética. Representam enfoques complementares e certamente diferenciados para os distintos setores de consumo, com resultados passíveis ou não de mensuração direta, mas que desejavelmente devem ser utilizados de forma articulada e potencializando as sinergias entre eles. Como exemplo, é evidente que as ações de informação têm mais ressonância quando estão disponíveis mecanismos para substituição de equipamentos ineficientes e se contam com estímulos fiscais e creditícios para esse fim.

3.3. Experiência em outros países

As ações governamentais para promover a eficiência energética passaram a ter maior evidência partir dos anos setenta, concomitantemente às crises energéticas desse período. Do mesmo modo, com a redução dos preços relativos do petróleo a partir de meados dos anos oitenta, esses programas passaram por uma retração, salvo nos casos onde se identifica um planejamento governamental com estratégias de médio e longo prazo. Não obstante, a partir de 2002, com a retomada do processo de incremento dos preços da energia em quase todos os países se retomou o interesse em reduzir as perdas energéticas e melhorar o desempenho dos sistemas energéticos.

Com esse fim, foram constituídas instituições públicas especificamente dedicadas a fomento do uso racional de energia, capacitadas e bem suportadas financeiramente, como indicam seus programas de trabalho e os resultados que vêm conseguindo em praticamente todas os setores de consumo. Assim, tem sido referências importantes para a ação governamental entidades como Office of Energy Efficiency – OEE (Canadá),

Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie - ADEME (França) e Energy Saving Trust - EST (Reino Unido), de longa e expressiva folha de serviços prestada a suas sociedades.

As experiências descritas a seguir foram selecionadas considerando seu potencial de aplicação à realidade brasileira e são apresentadas basicamente como exemplos, sem pretensão de esgotar esse tema. Procurou-se observar a classificação sugerida no tópico anterior, separando-se as medidas de cunho compulsório e as medidas de caráter voluntário. Foram destacadas as medidas voltadas para o setor residencial, sempre que cabível, já que em alguns casos as medidas foram orientadas para todos os setores ou para equipamentos de uso final, sem uma clara discriminação setorial. Foram excluídas intencionalmente dessa listagem as medidas genéricas referentes à proteção ambiental e ao desenvolvimento tecnológico, privilegiando-se as medidas mais focadas em resultados tangíveis e imediatos no campo energético.

Tabela 2 – Mecanismos voluntários de fomento à eficiência energética em alguns países (exemplos)

País	Instituição responsável	Mecanismos
Canadá	OEE, Office of Energy Efficiency	Programa de informações sobre eficiência energética de aparelhos de aquecimento, ventilação e ar condicionado, para orientar sua aquisição. Programa "Reno$ense" e Fundo "Energuide", para estimular melhorias de eficiência energética nos planos de reforma de residências.
França	ADEME, Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie	Programas de informações sobre uso de energia nas edificações (aquecimento e iluminação). Programa de gerenciamento ambiental e de energia em plantas industriais. Programa de processamento de lixo industrial e armazenamento de água residual. Programa de disseminação de tecnologias de eficiência energética e de mínimo impacto ambiental.
Reino Unido	EST, Energy Saving Trust	Iniciativas de marketing, promovendo a eficiência energética como um meio moderno e socialmente aceitável de poupar dinheiro. Centros de informação (Energy Efficiency Advice Centres - EEAC), para fornecer orientações na área energética para consumidores domésticos e pequenos empresários. Promoção de substituição de equipamentos (aquecedores de água, sistemas de iluminação, sistemas de aquecimento, unidades de cogeração), com descontos e financiamento.
Estados Unidos	EREN, Energy Efficiency and Renewable Energy Network	Programa Federal de Gerenciamento de Energia (Federal Energy Management Program) coordena a relação interagências e com o setor privado para fornecer mecanismos de financiamento ao setor privado, treinamento, auditorias e demonstração de tecnologias poupar energia e água.

Fonte: Internet - endereço das instituições responsáveis.

É interessante comentar que o financiamento dos programas de uso eficiente de energia elétrica no Reino Unido é parcialmente financiado com recursos cobrados diretamente dos consumidores, à razão de uma libra por ano por consumidor, foi estabelecido pelo diretor-geral do Office of Electricity Regulation - OFFER, órgão regulador do setor elétrico na Grã Bretanha. A legislação brasileira ao reservar parte dos resultados das concessionárias de energia elétrica para a eficiência energética também lança mão desse mecanismo.

Como um exemplo de potencial interesse para o Brasil, deve ser mencionado o programa Fridgesavers do EST britânico que objetiva atingir consumidores de baixa renda com refrigeradores velhos e ineficientes, oferecendo novos refrigeradores, de maior eficiência, por apenas 25 libras (US$ 40) e que deverão produzirão uma economia média anual de 35 libras (US$ 56) ao ano em custos operacionais. Esperava-se atingir um número de 50 mil consumidores no término do subprograma. O Brasil não possui um programa específico sobre o tema, mas os recursos de eficiência das concessionárias vem sendo direcionados para o grupo de consumidores de baixa renda.

Uma família de medidas de caráter voluntário que tem sido amplamente adotada para a promoção da eficiência energética refere-se à informação aos consumidores, especificamente sobre o desempenho dos sistemas energéticos, mediante etiquetas comparativas dos índices de eficiência e selos indicativos dos melhores ou mais recomendados produtos. Como um exemplo nessa direção pode ser citado o programa Energy Star, nos Estados Unidos, conduzido pela Environmental Protection Agency - EPA e que atribui um selo que destaca os melhores modelos em uma extensa gama de produtos em mais de 50 categorias. Em alguns casos, a adoção de produtos com o selo Energy Star permite obter significativos descontos ou créditos tributários, política reforçada com a edição do Energy Policy Act em 2005. O sucesso desse programa levou a sua implementação por outros países, como Canadá, onde o Office of Energy Efficiency o tem difundido oficialmente. Um programa similar no Reino Unido é o selo Energy Saving Recommended promovido pelo EST, conferindo também em alguns casos suporte creditício específico. Estes programas em sua essência são similares aos Selos PROCEL e CONPET, que classificam os melhores produtos utilizando os resultados do Programa Brasileiro de Etiquetagem, PBE, sem contudo contarmos com os mecanismos de estímulo tributário observados nesses países.

No âmbito dos mecanismos compulsórios é interessante mencionar o estabelecimento de níveis mínimos de desempenho, em geral amparadas por legislação específica para esse fim, com metas e prazos claramente estabelecidos. Por exemplo, no Japão foi editada em 1999 a Lei de Eficiência Energética, freqüentemente revisada e harmonizada com outras medidas governamentais, estabelecendo níveis mínimos de desempenho, obrigações para o governo como promoção de políticas fiscais, fomento de pesquisa e desenvolvimento nesta área e medidas para aumentar a conscientização dos consumidores a este respeito. Essa lei também define penalidades para o não cumprimento de diversos de seus dispositivos. No caso britânico pode ser citada a Lei de Conservação de Energia no Setor Residencial (Home Energy Conservation Act), voltada particularmente para prefeituras, orientando o estabelecimento de posturas municipais para edificações com menor uso de energia e criando mecanismos de estímulo, como prêmios e distinções.

Um campo importante para fomento à eficiência energética, crescentemente valorizado nos países desenvolvidos e ainda praticamente desconhecido no Brasil, mas com inegável potencial de aplicação, refere-se ao setor de transporte. Nesse sentido, as possibilidades de atuação vão desde o desenvolvimento tecnológico dos motores e dos veículos mais eficientes, a indução de hábitos e padrões de conduta energeticamente consciente dos usuários, até e preponderantemente, aos condicionantes viários e do sistema de transporte para o uso racional de energia. A significativa experiência dos países europeus, japonês e canadense, entre outros, mostra como podem ser obtidos resultados relevantes mediante a adoção de tecnologias mais eficientes, inclusive no âmbito do transporte aéreo, valorizando o transporte coletivo de passageiros nas metrópoles, efetuando regularmente a inspeção veicular, integrando modais no transporte de carga, planejando a malha viária e as condições de acesso, entre outras medidas, que associam a eficiência energética com a gestão da mobilidade (Leal et al., 2006). Naturalmente que para esses países a maior eficiência energética no transporte, junto com os benefícios da redução do consumo de combustíveis, poderá contribuir também de modo decisivo para a redução das emissões poluentes, inclusive aquelas associadas ao incremento do efeito estufa e sujeitas aos compromissos do Protocolo de Kyoto.

Outros países que apresentam programas similares são a Austrália, Dinamarca, Espanha, Japão, Noruega, Nova Zelândia, Países Baixos e Suécia (HADDAD, 1999).

Leilão de energia pela demanda (DSB) envolve emitir uma requisição para projetos de eficiência ener-

gética e permitindo que clientes (ou ESCOs em conjunto com clientes) proponham níveis de incentivo para projetos que proponham implementar. Estes leilões não são tão comuns como promover incentivos fixos (descontos) para medidas específicas de eficiência energética ou reduções de MWh ou kW nos programas de eficiência energética nos EUA. Entretanto, leilões pela demanda foram implementadas em vários estados com sucesso. Eles têm a vantagem de dar às empresas a flexibilidade de desenvolver projetos próprios, em alguns casos bastante inovadores (Gueller, 2006). Segundo o autor, exemplos de aplicação deste mecanimos, foram: a XCel Energy que num processo de leilão de 2001 a 2005 obteve 663 projetos aprovados e implementados (economia de 20,7 MW de redução na ponta e 121 GWh/ano de redução de energia); a Connecticut Light and Power Co. (CL&P) com cerca de 100 projetos implementados no período 2000-2002 (economia de 13 MW de redução na ponta e 75 GWh/a de economia de energia).

Outro mecanismo atualmente estudado, porém sem grandes exemplos de implementação é são os Certificados Brancos, que, seguindo a mesma concepção do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), consistem em definir cotas de eficiência que poderão ser comercializadas entre as concessionárias.

No sentido de procurar replicar a experiência internacional relatada, condições climáticas dos países industrializados impõem temas que na realidade brasileira são absolutamente secundários. Não obstante tais diferenças entre as motivações e os perfis de consumo de energia nesses contextos e o Brasil, é oportuno observar a importância que se concede à informação aos consumidores. Com efeito, grande parte das medidas voluntárias apresentadas referem-se a conscientização dos agentes e melhoria do acesso à informação, particularmente por consumidores residenciais e pequenos empresários. Provavelmente esta orientação tenha se baseado em pesquisas de campo e análises que dão conta de que o significativo potencial de economia que pode ser atingido no âmbito dos usos domésticos e que pode ser desenvolvido fundamentalmente a partir da informação adequada aos usuários de energia. O Brasil possui experiência em muitos mecanismos abordados nesta seção que serão detalhados no próximo capítulo.

3.4. Aspectos institucionais relacionados

Considerando a experiência internacional, tem-se, em linhas gerais, os quadros seguintes com algumas características dos órgãos ou instituições relacionados com a eficiência energética dos seguintes países: EUA, Canadá, Reino Unido, França, Dinamarca, Suécia, Noruega, Holanda, Espanha, Japão, Austrália e Nova Zelândia.

Os parâmetros considerados nesta comparação são a estrutura institucional empregada, o escopo da área de atuação dos órgãos envolvidos, a participação, ou não, dos órgãos reguladores do setor energético no planejamento, gestão ou monitoramento de programas de eficiência energética, o grau de interação com as questões ambientais, e as fontes de recursos financeiros utilizadas.

Tabela 3 – Formas de atuação e vinculações com a área ambiental das instituições que atuam com eficiência energética no exterior

Países	Envolvimento com questões ambientais	Vinculação ao Ministério de Meio Ambiente	Atuação descentralizada ou coordenando uma rede de instituições regionais	Atuação centralizada, porém com parcerias envolvendo empresas, prefeituras etc.	Atuação centralizada sem parcerias
EUA	Média		X		
California	Média			X	
França	Forte	X	X		
Noruega	Média		X		
Holanda	Forte	X	X		
Canadá	Média			X	
Austrália	Forte	X		X	
Nova Zelândia	Média			X	
Espanha	Média			X	
Reino Unido	Forte	X		X	
Dinamarca	Forte	X			X
Suécia	Média				X
Japão	Média				X

Fonte: Haddad, J. (Org.).

Tabela 4 – Envolvimento das instituições que atuam com eficiência energética, com fontes renováveis de energia, mitigação de impactos ambientais, planejamento energético e ambiental, e regulação do setor energético

Países	Atuação só com programas de eficiência energética	Fomento, também, a fontes renováveis de energia	Fomento, também, a fontes renováveis de energia e desenvolvimento de programas de mitigação de impactos ambientais negativos	Fomento, também, a fontes renováveis de energia, planejamento energético e ambiental, e regulação do setor energético
EUA		X		
California		X		
França			X	
Noruega	X			
Holanda			X	
Canadá		X		
Austrália			X	
Nova Zelândia		X		
Espanha		X		
Reino Unido	X			
Dinamarca				X
Suécia				X
Japão	X			

Tabela 5 – Atuação dos órgãos reguladores do setor energético nos programas de eficiência energética

Países	Estes órgãos não atuam sobre tais programas	Eles são ativos na área de eficiência energética	Eles supervisionam programas de planejamento integrado de recursos	As instituições governamentais que atuam na área de eficiência energética são parte dos próprios órgãos reguladores
EUA		X	X	
Califórnia		X	X	
França		X		
Noruega		X		X
Holanda	X			
Canadá		X	X	
Austrália	X			
Nova Zelândia	X			
Espanha	X			
Reino Unido		X		
Dinamarca		X		X
Suécia		X		X
Japão		X		X

Tabela 6 – Fontes de financiamento dos programas de eficiência energética

Países	Recursos financeiros de orçamentos governamentais	Recursos governamentais acoplados a aportes da iniciativa privada, em projetos envolvendo parcerias	Recursos oriundos de taxas que incidem sobre as tarifas de transmissão e/ou distribuição	Recursos oriundos de taxas que incidem sobre as tarifas de comercialização	Recursos provenientes de uma taxa anual fixa por consumidor de energia elétrica e gás canalizado
EUA	X	X	X	X	
California	X		X	X	
França	X	X			
Noruega	X		X		
Holanda	X		X		
Canadá	X	X			
Austrália	X	X			
Nova Zelândia	X				
Espanha	X				
Reino Unido	X	X			X
Dinamarca	X				
Suécia			X		
Japão	X				

Os quadros anteriores mostram uma diversidade de modelos institucionais com atuação tanto centralizada como descentralizada, mas com envolvimento crescente em questões ambientais e em menor escala em fontes alternativas/renováveis de energia. Destaca-se também a forte presença dos órgãos reguladores em questões relacionadas à eficiência energética e do aporte de recursos financeiros governamentais.

Um aspecto importante que o gerenciamento institucional geral articulado com os programas, empresas e a sociedade em geral. A forma de atuação do PROCEL junto às empresas de saneamento poderia ser tomada como um exemplo de uma iniciativa onde se tem buscado este tipo de abordagem integradora. Como contra-exemplo dos programas temáticos e articulados, surgem as ações isoladas, cujos resultados ficam geralmente aquém das expectativas. Evidentemente que como contrapartida, a proposição de programas temáticos, na forma sugerida, exige um maior nível de competência e gestão.

3.5. Monitoramento e verificação

A avaliação quantitativa e, quando possível, auditável dos resultados tem sido um tema recente, da maior relevância. Nesse sentido é interessante referir aos esforços para consolidar uma metodologia internacional de monitoramento e avaliação dos resultados dos programas de eficiência energética, por meio do Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance – PIMVP, que descreve métodos para avaliar economias de energia. Uma detalhada e abrangente revisão dessas metodologias consta do Manual para Avaliação (Vol.1), do Programa de Avaliação das Medidas para a Eficiência Energética e Gerência da Demanda, desenvolvido pela Agência Internacional de Energia e com estudos de casos na Bélgica, Canadá, Coréia do Sul, Dinamarca, França, Holanda, Itália e Suécia. Como regra geral, esse manual recomenda a comparação das curvas de carga antes e após a adoção das medidas de fomento da eficiência, cotejando assim as curvas de base ("baselines") com as curvas de carga modificadas (IEA/DSM, 2006). Encontra-se em curso uma ampla discussão dos melhores indicadores de resultados e desempenho do PROCEL, onde se procura introduzir essa abordagem no sentido de maior transparência dos resultados e da efetividade dos mecanismos adotados.

4. Evolução dos mecanismos de eficiência no Brasil

4.1. Introdução

Conforme descrito anteriormente, as crises de petróleo, na década de 70, fizeram os diversos países repensarem suas políticas energética, no qual muitos se voltaram para buscar o uso eficiente da energia. Por outro lado a década de 80, marcada por um período de relativa estabilidade dos preços de petróleo, reduziu significativamente os investimentos em eficiência energética. Mas foi a preocupação com as emissões, no final desta década, que reverteu este cenário conferindo novamente a importância da eficiência energética nas políticas governamentais.

O Brasil vem desenvolvendo mecanismos de eficiência energética suportado principalmente por vários programas como o Programa Nacional do Álcool – PROÁLCOOL, os Programas PROCEL e CONPET e ações institucionais de relevada importância como a obrigação contratual das empresas distribuidoras de energia elétrica investirem um percentual de sua receita em Programas de Eficiência Energética (PEE) e a Lei de Eficiência Energética.

Uma ação estrutural que merece destaque é o estabelecimento de padrões e /ou etiquetas de eficiência energética dos equipamentos, de forma voluntária ou compulsória. A partir das ações adotadas na Califórnia, Estados Unidos, na década de 70, diversos países se sentiram motivados a repetir a experiência da implantação de padrões e etiquetas em vários produtos. Dentre outros, pode-se citar a França, Alemanha, Canadá, Japão, Austrália e o México. O Brasil começou a implementar seu programa, conhecido como Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) a partir de 1985.

A situação de incerteza relativa aos suprimentos mundiais de energia que apresentam, em determinados momentos, baixos e em outros, elevados preços do petróleo acompanhados de queda e incremento na demanda de energia, aliada aos sérios problemas ambientais associados à geração, transformação/transporte e utilização da energia, faz com que preocupações relacionadas ao uso eficiente da energia continuem a ser um importante componente da política energética de qualquer país.

No Brasil, no passado, os choques do petróleo de 1973-74 e 1979-81 criaram a percepção de escassez e elevaram os preços dos energéticos, justificando investimentos no aumento da produção de petróleo nacional, em conservação e maior eficiência no uso dos seus derivados e na diversificação de fontes alternativas de energia.

A estratégia adotada para reformulação da política de oferta de energia, contemplou: a intensificação da prospecção de petróleo; o incremento da produção de carvão no país; o lançamento de um ambicioso programa nuclear visando à transferência de tecnologia nesta área e a construção de usinas nucleares para geração de energia elétrica; criação do Programa Nacional do Álcool – PROÁLCOOL para produção de álcool anidro a ser misturado à gasolina, aproveitando a capacidade ociosa das indústrias de açúcar; e, no setor elétrico, foi dada continuidade à expansão da base hídrica para geração de eletricidade, que resultou em sobra de energia nos anos 80.

A demora no ajuste da economia brasileira à conjuntura internacional desfavorável, após 1973, colocou o país numa séria situação por ocasião do segundo choque do petróleo, levando o governo a adotar medidas austeras em 1980, que resultaram numa recessão econômica sem precedentes e afetaram fortemente o setor industrial no período 1981-83.

Assim, pode-se citar como um primeiro esforço institucional de conservação de energia, com metas claramente definidas e na área de combustíveis líquidos, o Protocolo assinado, em 1979, entre o então Ministério da Indústria e do Comércio e a ANFAVEA, prevendo uma redução de 20% do consumo de combustíveis através de automóveis a álcool. Ou seja, foi o primeiro programa efetivo assinado e implementado no Brasil formalmente foi na área de combustíveis líquidos. Enquanto a primeira fase do PROÁLCOOL após 1973 tratava do álcool aditivado, a segunda fase, após 1979, necessitava de motores desenvolvidos para funcionarem com álcool hidratado (não apenas com a adição do álcool a gasolina). Com esse programa se colocava a questão da introdução de novas tecnologias e não apenas o aperfeiçoamento dos automóveis que já existiam.

Em paralelo a essa questão da utilização dos automóveis movidos 100% com álcool hidratado, passou-se também a focalizar com maior intensidade a questão do óleo combustível consumido nas indústrias. Além da política de aumento de seu preço praticada a partir de 1980, o Conselho Nacional de Petróleo (CNP) impôs cortes lineares de 10% e 5%, respectivamente, no fornecimento de óleo combustível e diesel à industria e implantou um sistema de controle de abastecimento através de cotas de combustíveis até 1983.

Diante da impopularidade gerada no meio empresarial com a adoção desse conjunto de medidas, o Governo Federal lançou, em 1981, o programa CONSERVE. Este Programa, que tinha como objetivo estimular a conservação e substituição do óleo combustível consumido na indústria constituiu-se no primeiro esforço de peso na direção da conservação de energia no país. Foram desenvolvidos protocolos que produziram efeitos sobre a eficiência energética de setores como os de cimento, siderurgia e papel/celulose. Entretanto, o que se verificou foi a predominância de um enfoque em termos de substituição energética, em prejuízo da diretriz primordial de conservação de energia. Ao lado dessa distorção, houve ainda um subaproveitamento dos recursos alocados ao Programa, devido à burocracia dos processos envolvidos, ao clima de recessão do período 1981-85, conferindo menor importância às iniciativas de conservação, e à falta de uma sinalização clara pelo governo quanto aos rumos das políticas econômica e energética.

Outro instrumento de política utilizado foi o incentivo à substituição de óleo combustível por energia elétrica de origem hidráulica, em aplicações térmicas. O quadro recessivo da economia verificado em 1981,

com reflexos na redução da demanda de energia elétrica, resultou numa certa ociosidade da capacidade instalada do parque gerador de energia elétrica do país. Com o intuito de se aproveitar o excesso de capacidade de geração hidráulica, foi criada a EGTD (Energia Garantida por Tempo Determinado), com preços 30% menores que os normais, tendo como alvo o setor industrial, já pressionado pelos altos preços dos derivados de petróleo. A EGTD teve o seu fornecimento garantido até o final de 1986, a fim de se permitir a amortização dos investimentos na instalação ou conversão de equipamentos pelas indústrias.

Na maior parte dos programas mencionados anteriormente, os resultados obtidos foram consideráveis, conduzindo a ganhos reais principalmente em termos de substituição de combustíveis derivados de petróleo. Contudo, com exceção do PROÁLCOOL, a maioria desses programas foram descontinuados com a queda dos preços do petróleo na segunda metade dos anos 80, tornando difícil justificar programas de conservação em um cenário de preços decrescentes e de abundância de petróleo. Além disso, com o processo inflacionário instalado nessa época no país, o governo passou a controlar os preços dos combustíveis como forma de conter o seu peso sobre a inflação, anulando boa parte dos esforços de conservação obtidos no passado.

Porém, novos problemas ganhavam destaque e visibilidade política. Com a crescente utilização da eletricidade para fins térmicos no setor industrial, promovida, parte pelo CONSERVE, parte pelo programa de Eletrotermia, verificou-se que, na verdade, ocorreu uma transferência da responsabilidade sobre a conservação de energia para o setor elétrico, uma vez que o crescimento da demanda por energia elétrica para fins térmicos na indústria passou a pressionar a capacidade de oferta do setor, que encontrava-se mergulhado em crise financeira. A já limitada capacidade de expansão da oferta de energia elétrica passou também a ser pressionada dentro de um contexto de crescente valorização do meio ambiente e de questionamentos pelo grande desperdício de energia no país. Além disso, a tarifa de energia elétrica passou também a ser utilizada como instrumento de combate inflacionário, durante a década de 80, inviabilizando o financiamento da expansão do sistema elétrico.

Dessa forma, a estratégia adotada diante da conjuntura existente foi a implementação de uma política de conservação de energia elétrica, que resultou na criação do PROCEL em 1985, constituindo-se assim na primeira iniciativa sistematizada de promoção do uso eficiente de energia elétrica no país. Entretanto, as barreiras à conservação de energia, a exemplo da contenção tarifária, legislação inconsistente e falta de interesse de consumidores e Concessionárias, conduziram o PROCEL por várias fases de transformações, incluindo sua estagnação no período 1990-91. Visando conferir credibilidade às ações do Programa, criou-se o Grupo de Apoio à Secretaria Executiva do PROCEL - GASE, composto por cerca de 60 instituições nacionais e internacionais voltadas para atuar de forma complementar e integrada na área de eficiência energética, constituindo-se, na época, no principal elemento do processo de revitalização do PROCEL, iniciado a partir de 1994.

Seguindo o modelo adotado pelo PROCEL, decidiu-se criar um programa análogo para o setor de petróleo e gás natural, sendo instituído assim, em 1991, o CONPET. Com atividades fundamentalmente de articulação, a atuação do CONPET no passado restringia-se basicamente à concepção da conservação e ao estabelecimento de parcerias com consumidores finais de combustíveis e com os demais órgãos da PETROBRAS.

Além de se dedicarem a fontes de energia distintas, no passado, nenhuma coordenação existia entre o PROCEL e o CONPET, no sentido de se estabelecer uma política integrada de eficiência energética, que possibilitasse ampliar a escala dos esforços empreendidos isoladamente e assegurar o aproveitamento do potencial de sinergia existente.

Porém, o fato de já existirem programas estabelecidos nas áreas de eletricidade e de petróleo, por si só, fornecem sustentação ao argumento da integração de esforços e geração de economias de escala. O momento é propício para se dar início à sua implementação. Existe hoje mais reconhecimento de que a eficiência energética está intrinsecamente associada ao aumento da produtividade e a benefícios ao meio ambiente. A reforma do setor elétrico, particularmente no tocante à criação da ANEEL e à privatização das distribuidoras de energia, vem agregar novo incentivo aos programas de conservação, com a vinculação contratual de parcela da receita anual das Concessionárias privatizadas em programas de combate ao desperdício de energia elétrica.

Outro argumento importante a ser considerado é a crescente importância conquistada pelos indivíduos enquanto consumidores, que, gradativamente, tornam-se mais exigentes, cobrando qualidade de bens e serviços a eles oferecidos. No caso particular da energia elétrica, se começa a fazer uma avaliação da relação entre o serviço oferecido e a tarifa praticada.

Por fim, merece também atenção a questão da qualidade e produtividade da indústria nacional, principalmente das empresas energo-intensivas, que concorrem em um mercado global; programas bem sucedidos de conservação de energia podem melhorar substancialmente sua posição competitiva neste mercado.

A seguir tem-se uma tabela com os marcos relevantes relacionados à eficiência energética no Brasil.

Tabela 7 – Marcos relacionados à eficiência energética no Brasil (continua)

Ano	Marco	Finalidade
1931	Decreto nº 20.466	Institui o primeiro horário de verão no Brasil.
1961	Lei nº 3.890-A	Autoriza a União a constituir a Eletrobrás.
1975	Decreto nº 76.593	Institui o Programa Nacional do Álcool – Proálcool.
1979	Portaria CNP nº 69	O Conselho Nacional do Petróleo - CNP, estabelece a redução do consumo de óleos combustíveis e de óleo diesel.
1979	Decreto nº 83.681	Constitui a Comissão Nacional de Energia - CNE.
1979	Decreto Lei nº 1.691	Institui o Programa de Mobilização Energética – PME.
1979	Protocolo MIC de 19/09/79.	Estimula a redução do consumo de óleo combustível na indústria de cimento através da substituição desse energético por fontes alternativas nacionais.
1979	Protocolo MIC de 09/11/79.	Estimula a redução do consumo de óleo combustível na siderurgia através da substituição desse energético por fontes alternativas nacionais.
1980	Protocolo MIC de 24/10/80.	Estimula a redução do consumo de óleo combustível na indústria de papel e celulose através da substituição desse energético por fontes alternativas nacionais.
1981	Portaria MIC nº 048, de 23/02/81.	Institui o Programa de Conservação de Energia no Setor Industrial – CONSERVE.
1981	Lei nº 6.938	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismo de formulação e aplicação.
1981	Portaria MME nº 1.247, de 09/09/81.	Aprova as normas operacionais do Programa de Mobilização Energética.
1982	Decreto nº 87.079	Aprova as diretrizes para o Programa de Mobilização Energética – PME (ações dirigidas à conservação de energia e à substituição dos derivados de petróleo).
1982	Portaria DNAEE nº 85, de 31/08/82.	Resolve sobre o fornecimento de Energia Garantida por tempo Determinado – EGTD, mediante a celebração de contrato especial com consumidores do Grupo A, enquadrados na classe industrial.
1982	Portaria DNAEE nº 114, de 30/11/82.	Dispõe sobre a tarifa de fornecimento de energia elétrica em baixa tensão, de Energia Elétrica Excedente para Substituição de Derivados de Petróleo – ESBT.
1983	Decreto nº 88.351, de 01/06/83.	Regulamenta a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e a lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, que dispõem, respectivamente, sobre a Política Nacional do Meio Ambiente e sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental.
1983	Portaria DNAEE nº 140, de 28/11/83.	Dispõe sobre o Programa de Substituição de Energéticos Importados por Eletricidade.
1984	Portaria DNAEE nº 24, de 17/02/84.	Dispõe sobre o fornecimento de Energia Elétrica Excedente para Produção de Bens Exportáveis – EPEX.

Tabela 7 – Marcos relacionados à eficiência energética no Brasil (continuação)

Ano	Marco	Finalidade
1984	Portaria DNAEE nº 159, de 29/10/84.	Estabelece os requisitos, condições e critérios a serem observados na comercialização de Energia Temporária para Substituição – ETST.
1984	Portaria DNAEE nº 160, de 29/10/84.	Estabelece os requisitos, condições e critérios a serem observados na comercialização de Energia Firme para Substituição – EFST.
1985	Portaria Interministerial MME nº 1.877, de 30/12/85.	Institui o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL, com a finalidade de integrar as ações visando a conservação de energia elétrica no País.
1986	Resolução CONAMA nº 01, de 23/01/86.	Institui os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente.
1986	Resolução CONAMA nº 18, de 06/05/86.	Institui em caráter nacional, o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores – PROCONVE.
1986	Lei nº 7.486, de 06/06/86.	Aprova as diretrizes do Primeiro Plano Nacional de Desenvolvimento – PND da Nova República para o período de 1986 a 1989.
1987	Decreto nº 93.901, de 09/01/87.	Dispõe sobre o estabelecimento de medidas e procedimentos, relativos ao racionamento de energia elétrica.
1987	Resolução CONAMA nº 06, de 16/09/87.	Regulamenta o licenciamento ambiental para exploração, geração e distribuição de energia elétrica.
1988	Decreto nº 95.590, de 05/01/88.	Declara o ano de 1988 o Ano da Conservação de Energia.
1988	Portaria DNAEE nº 33, de 11/02/88.	Define os conceitos e terminologias da estrutura tarifária horo-sazonal.
1988	Portaria DNAEE nº 185, de 17/10/88.	Determina aos concessionários que renegociem contratos de fornecimento de energia elétrica, sempre que solicitados por consumidores que implementarem medidas de conservação de energia elétrica, que redundem em redução de carga.
1990	Decreto nº 99.250, de 11/05/90.	Institui o Programa Nacional de Racionalização da Produção e do Uso de Energia.
1990	Decreto nº 99.656, de 26/10/90.	Dispõe sobre a criação nos órgãos e entidades da Administração Federal direta e indireta, da Comissão Interna de Conservação de Energia – CICE.
1990	Resolução CONAMA nº 08, de 06/12/90.	Estabelece limites máximos de emissão de poluentes no ar , para processos de combustão externa em fontes novas fixas com potências nominais até 70 MW e superiores.
1991	Decreto de 22/02/91.	Cria a Comissão de Conservação de Energia na Administração Federal – CCEAF.
1991	Decreto de 18/07/91.	Institui o Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural – CONPET.
1991	Decreto de 18/07/91.	Dispõe sobre o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL.
1993	Lei nº 8.631	Dispõe sobre a fixação dos níveis das tarifas para o serviço público de energia elétrica, extingue o regime de remuneração garantida.
1990	Decreto de 20/04/93.	Dá nova redação ao artigo 3º do Decreto nº 99.250 de 11/05/90.
1993	Resolução CONAMA nº 07, de 31/08/93.	Estabelece os padrões de emissão e procedimentos de inspeção para veículo em uso, bem como os critérios para implantação dos Programas de Inspeção e Manutenção – I/M.
1993	Decreto de 21/09/93.	Dispõe sobre o Programa Nacional de Racionalização da Produção e do Uso de Energia.
1993	Decreto de 08/12/93.	Dispõe sobre a instituição do Prêmio Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia.
1993	Decreto de 08/12/93.	Dispõe sobre a criação do Selo Verde de Eficiência Energética.
1993	Portaria DNAEE nº 399, de 13/12/93.	Cria as Comissões Internas de Conservação de Energia – CICE dos órgãos e entidades da Administração direta e indireta, disponibilizando o programa computacional Mark IV.
1994	Decreto nº 1.040, de 11/01/94.	Determina aos agentes financeiros oficiais a inclusão, entre as linhas prioritárias de crédito e financiamento, dos projetos destinados à conservação e uso racional da energia e ao aumento da eficiência energética.
1994	Decreto de 01/02/94.	Constitui a Comissão Nacional de Energia.
1994	Portaria DNAEE nº 740, de 07/09/94.	Autoriza a Companhia Energética de Minas Gerais - CEMIG, a promover em caráter experimental a tarifa amarela.
1994	Decreto de 20/09/94.	Dá nova redação ao art. 2º do Decreto de 18/07/91, que dispõe sobre o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – PROCEL.
1994	Decreto de 20/09/94.	Dá nova redação ao art. 3º do Decreto de 21/09/93, que dispõe sobre o Programa Nacional de Racionalização da Produção e do Uso de Energia.
1994	Decreto de 20/09/94.	Dá nova redação ao art.4º do Decreto de 18/07/91, que institui o CONPET.
1994	Portaria DNAEE nº 730, de 28/10/94.	Permite a inclusão no custo do serviço ou no investimento remunerável dos concessionários do serviço público de energia elétrica, dos gastos com custeio e investimentos relativos a programas de incremento da eficiência no uso e na oferta de energia elétrica.
1996	Decreto nº 2.003, de 10/09/96.	Regulamenta a produção de energia elétrica por Produtor Independente e por Autoprodutor.
1996	Lei nº 9.427, de 26/12/96.	Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica.

Tabela 7 – Marcos relacionados à eficiência energética no Brasil (continuação)

ANO	MARCO	FINALIDADE
1997	Lei nº 9.433, de 08/01/97.	Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.
1997	Lei nº 9.478, de 06/08/97.	Dispõe sobre a política energética nacional, as atividades relativas ao monopólio do petróleo, institui o Conselho Nacional de Política Energética e a Agência Nacional do Petróleo.
1997	Decreto nº 2.335, de 06/10/97.	Constitui a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, autarquia sob regime especial, aprova sua Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e Funções de Confiança.
1998	Decreto nº 2.455, de 14/01/98.	Implanta a Agência Nacional do Petróleo – ANP, autarquia sob regime especial, aprova sua Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e Funções de Confiança.
1998	Decreto nº 2.457, de 14/01/98.	Dispõe sobre a estrutura e funcionamento do Conselho Nacional de Política Energética – CNPE.
1998	Decreto nº 2.612, de 03/06/98.	Regulamenta o Conselho Nacional de Recursos Hídricos.
1998	Resolução ANEEL nº 242, de 24/07/98.	Promove a conservação de energia elétrica e divulga os programas de incremento à eficiência no uso e na oferta de energia elétrica educando a sociedade quanto à necessidade de combate ao desperdício.
1998	Decreto nº 2.780, de 11/09/98.	Institui a hora de verão, em parte do Território Nacional.
1998	Portaria Conjunta ANEEL – ANP nº 002, De 22/12/98.	Dispõe sobre as ações relativas ao uso do gás natural, em particular no que concerne à termeletricidade.
1999	Resolução ANEEL nº 261, de 03/09/99	Regulamenta a obrigatoriedade de aplicação de recursos das concessionárias em ações de combate ao desperdício de energia elétrica.
1999	Resolução ANEEL nº 334, de 03/12/99	Autoriza as concessionárias de serviço público de energia elétrica a desenvolverem projetos visando à melhoria do fator de carga.
2000	Resolução ANEEL nº 271, de 19/07/00	Estabelece os critérios de aplicação de recursos em ações de combate ao desperdício de energia elétrica e P&D do setor elétrico brasileiro.
2000	Lei nº 9.991, de 24/07/00	Dispõe sobre realização de investimentos em eficiência energética e P&D das empresas concessionárias do setor de energia elétrica.
2000	Resolução ANEEL nº 456, de 29/11/00.	Estabelece, de forma atualizada e consolidada, as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica.
2001	Resolução ANEEL nº 153, de 18/04/01	Estabelece a doação de lâmpadas fluorescentes compactas a clientes de baixo poder aquisitivo, motivados pelo impacto do racionamento.
2001	Resolução ANEEL nº 185, de 21/05/01	Estabelece critérios para cálculo e aplicação dos recursos destinados à Eficiência Energética, pelas concessionárias do setor de energia elétrica.
2001	Resolução ANEEL nº 186, de 23/05/01	Permite que 50% da verba de eficiência energética seja utilizada em projetos de melhoria da iluminação publica.
2001	Resolução ANEEL nº 394, de 17/09/01	Estabelece os critérios para aplicação de recursos em projetos de combate ao desperdício de energia elétrica.
2001	Lei nº 10.295, de 17/10/01	Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia.
2001	Decreto nº 4.059, de 19/12/01	Regulamenta a Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001.
2002	Resolução ANEEL nº 492, de 03/09/02	Estabelece os critérios para aplicação de recursos em Programas de Eficiência Energética.
2002	Decreto nº 4.508, de 11/12/02	Dispõe sobre a regulamentação específica que define os níveis mínimos de eficiência energética de motores elétricos trifásicos de indução.
2004	Lei nº 10.848, de 15/03/04	Dispõe sobre a comercialização de energia elétrica e altera a Lei nº 9.991.
2005	Resolução ANEEL nº 176, de 28/11/05	Estabelece os critérios para aplicação de recursos em Programas de Eficiência Energética.
2005	Portaria Interministerial nº 553, de 28/11/05	Portaria MME/MCT/MDIC que estabelece o Plano de Metas para motores trifásicos contemplados pelo Decreto nº 4.508, de 11/12/02.
2006	Resolução ANEEL nº 215, de 28/03/06	Estabelecer nova redação para o Manual para. Elaboração do Programa de Eficiência Energética.
2006	Portaria Interministerial nº 132, de 12/06/2006	Dispõe sobre a regulamentação específica que define os níveis mínimos de eficiência energética de lâmpadas LFC.

Fonte: Haddad, J. (Org.).

4.2. PROCEL

A política de tarifas insustentáveis de energia elétrica, exercida na década de 80, com vistas à estabilização dos índices inflacionários, tornava inviável o financiamento da expansão do sistema elétrico, haja vista o montante de investimentos necessários, o longo prazo de maturação dos projetos e a existência de indivisibilidades técnicas na construção de usinas.

Dessa forma, uma opção estratégica em face da conjuntura existente foi a implementação de uma política de conservação do uso de energia elétrica, que acabou por se refletir na criação do PROCEL, em 1985, sob a coordenação da ELETROBRÁS.

Neste contexto que, pela Portaria Interministerial nº 1.877, de 30/12/85, foi instituído, por iniciativa conjunta do Ministério das Minas e Energia - M.M.E. e do Ministério da Indústria e Comércio - M.I.C., o Programa de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica - PROCEL.

O PROCEL constituiu-se na primeira iniciativa sistematizada de promoção do uso eficiente de energia elétrica no país, através da coordenação das ações voltadas à racionalização de energia elétrica implementadas em todo o país, buscando, segundo a Portaria nº 1.877, maximizar seus resultados e promover um amplo espectro de novas iniciativas, avaliadas à luz de um rigoroso teste de oportunidade, prioridade e economicidade.

O Programa objetivava o combate ao desperdício na produção e no uso da energia elétrica, propiciando o mesmo produto ou serviço com menor consumo, em função da maior eficiência energética, assegurando, assim, uma redução global de custos e de investimentos em novas instalações do sistema elétrico.

Em 18 de julho de 1991, por Decreto Presidencial, o PROCEL deixou de ser um programa setorial e foi transformado em programa de governo, tendo sua abrangência e responsabilidades ampliadas, com interações e repercussões diretas na sociedade como um todo. O Programa passou a não se restringir apenas ao setor elétrico, articulando-se, a partir de então, com todos os segmentos da sociedade direta ou indiretamente ligados à produção e ao uso da energia elétrica.

Para implementação do Programa foram criados o Grupo Coordenador de Conservação de Energia – GCCE, como órgão de coordenação do PROCEL, e a Secretaria Executiva – SE do GCCE, subordinada à ELETROBRÁS, como órgão executivo.

Inicialmente, os projetos relacionados com conservação de energia eram submetidos ao GCCE para aprovação e execução através de quatro comitês coordenados pela SE/GCCE, a saber: Comitê de Consumo e Consumidores; Comitê de Legislação; Comitê de Tarifas e Incentivos; e Comitê de Desenvolvimento Tecnológico.

Estes foram criados de forma a se obter bases conceituais e metodológicas para o desenvolvimento de linhas de atuação nos diversos segmentos consumidores: promoção, difusão e educação; legislação e normas; tarifação; recursos e incentivos; mercado; normalização e certificação; pesquisa e desenvolvimento tecnológico. Cada comitê tinha por finalidade estudar, propor e coordenar projetos relacionados com cada uma das linhas de ação do PROCEL.

Durante o período que vai da criação do PROCEL (1985) até 1989, observa-se um enfoque especial do Programa sobre algumas questões, dentre as quais pode-se destacar:

- a preocupação com a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico;
- o interesse pela incorporação de novas tecnologias ao acervo científico e tecnológico do país;
- a promoção de assistência tecnológica ao segmento industrial, através da integração e fortalecimento das instituições de desenvolvimento tecnológico, como condição para o desenvolvimento de uma efetiva

capacitação nacional no âmbito da conservação de energia elétrica;

• a disposição em promover e fomentar a pesquisa, visando melhor conhecimento do comportamento do mercado consumidor (uso final) de energia elétrica, analisando desde os hábitos de consumo até a eficiência dos aparelhos de uso final de energia elétrica;

• a promoção da conservação de energia elétrica através da normalização, padronização e certificação de equipamentos empregados no uso final da energia;

• a intenção de maximizar a relação entre benefícios e custos sob um enfoque social.

Assim, percebe-se, através da análise destas questões, que o PROCEL apresentava um razoável potencial de "generalização", podendo servir de base a um programa mais amplo de conservação de energia, apesar do seu caráter setorial enquanto instrumento de implementação de política de conservação de energia elétrica.

Em 1989 promoveu-se uma reformulação na estrutura operacional do PROCEL, de modo a conceder prioridade às ações que viessem a assegurar o cumprimento das metas fixadas pelo Plano 2010 em termos de uso final de eletricidade. Neste sentido, a proposta de reestruturação operacional do PROCEL comprometeu-se a empreender maior agilidade às ações de cunho executivo, que resultassem em economias reais de energia, mensuráveis em kWh.

Dessa forma, buscou-se um sistema de gestão mais voltado para os fins, deixando-se de lado o enfoque social na determinação da relação custo-benefício e privilegiando-se a contabilização direta dos resultados (economias em kWh) obtidos com os esforços direcionados à conservação de energia elétrica. Assim, colocou-se de lado o viés "generalista" do Programa, característico do período 1985-89, em favor de um viés "setorialista", justificável pela estrutura organizacional estabelecida em 1989, à medida que o vínculo proposto entre as ações promotoras da conservação e as metas de conservação do Plano 2010 limitava o planejamento apenas ao setor elétrico, tornando o PROCEL um instrumento de política específico deste setor.

Inicia-se, então, a partir de 1994, um processo de revitalização do PROCEL, visando aumentar seu poder de articulação e coordenação, bem como descentralizar as atividades executivas.

Essa descentralização foi conduzida por meio de uma melhor estruturação das áreas de conservação nas Concessionárias de energia elétrica, bem como através do estabelecimento de convênios com centros de competência nas diversas áreas envolvidas com a implementação de programas de combate ao desperdício de energia nos Estados e nas universidades, estimulando a capacitação de multiplicadores e fortalecendo, ainda, a relação do Programa com a iniciativa privada, nos seus papéis de consumidora e produtora de equipamentos e de bens de consumo.

Um outro passo importante nessa direção foram os contatos internacionais mantidos pelo PROCEL, já a partir do segundo semestre de 1993, visando se aprender com a experiência estrangeira. Dessa ação resultou, por exemplo, a frutífera associação do PROCEL com a empresa canadense Power Smart Inc., no campo da promoção de equipamentos eficientes. Outras associações importantes se seguiram com o PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, e com a Comissão Européia.

Deve-se, também, salientar o esforço visando a revitalização do Programa a partir da promulgação da Lei nº 8.631, de 04/03/93, que determina que parte dos recursos da Reserva Global de Reversão-RGR deve ser alocada para conservação de energia elétrica, esforço este fortalecido também pela prioridade dada pelo Governo atual à conservação de energia, assim como pelo estabelecimento da conservação como uma das diretrizes estratégicas da ELETROBRÁS.

Dessa forma, foram realizadas ações como a elaboração do Plano de Ações Prioritárias da ELETROBRÁS, que definiu um conjunto de medidas de estímulo à conservação, no âmbito da Campanha Nacional contra o Desperdício, do Ministério das Minas e Energia, e a instalação do Comitê de Conservação e Uso Racional de Energia Elétrica das Empresas do Sistema ELETROBRÁS-CONSEL.

Vale, ainda, ressaltar, dentre os fatores favoráveis à revitalização do PROCEL, a tendência, desde o segundo semestre de 1993, à elevação das tarifas de energia elétrica para o consumidor final. Esta elevação associou-se favoravelmente com o sucesso, até agora, do Plano de Estabilização Econômica.

Com essa revitalização do PROCEL, surgiu espaço para a tentativa de reestruturação que visou, dentre outros aspectos, o estabelecimento de um sistema de gestão apropriado para o porte do Programa, através de consultoria de avaliação organizacional; aprimoramento da metodologia de projeção de ganhos em conservação de energia; novo enfoque do PROCEL, que passou a atuar, também, na redução de perdas dos sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica; e, sobretudo, definição objetiva dos potenciais e das prioridades de conservação de energia elétrica em curto prazo, de modo a alavancar os objetivos de longo prazo do Programa.

Diante desses fatos, o PROCEL decidiu implantar nova orientação para o Programa, obedecendo à seguinte estratégia:

- Coordenar o marketing do combate ao desperdício, em âmbito nacional;
- Conscientizar os consumidores sobre o problema do uso inadequado da energia elétrica, alertando que ela é um bem escasso;
- Promover, junto aos fabricantes, acordos para aumento da eficiência de equipamentos elétricos;
- Implementar projetos de “eficientização” energética em cada segmento de consumo, através de consumidores-chave, que possam vir a atuar como formadores de opinião em seus respectivos setores;
- Buscar, junto aos agentes de financiamento, recursos para viabilização de projetos de combate ao desperdício;
- Tornar as instituições de ensino agentes multiplicadores da idéia do combate ao desperdício de energia elétrica;
- Propor medidas nas áreas de legislação e normalização, no sentido de estipular padrões mínimos de eficiência energética.

Visando conferir credibilidade às ações do PROCEL, em sua nova fase, foi criado o Grupo de Apoio à Secretaria Executiva do PROCEL - GASE, composto por cerca de 60 instituições nacionais e internacionais, que agregam universidades, centros de pesquisa, associações de classe, agentes de financiamento, Concessionárias de eletricidade, ONG’s, Empresa de Serviço de Conservação de Energia - ESCO’s etc., que se reuniam periodicamente para discutir e analisar as prioridades e estratégias de implantação dos projetos que compõem o Plano de Ação do PROCEL. Formou-se, desse modo, o maior patrimônio que o PROCEL tem hoje: uma rede de instituições voltadas para a eficiência energética.

Atualmente o PROCEL está estruturado em dois departamentos, cada qual com duas divisões:

- Departamento de Desenvolvimento de Projetos Especiais – DPE composta pela Divisão de Desenvolvimento de Projetos Especiais – DPEP e a Divisão de Projetos Setoriais de Eficiência Energética – DPEE;
- Departamento de Planejamento e Estudos de Conservação de Energia – DPS composto pela Divisão de Planejamento de Conservação de Energia – DPSP e pela Divisão de Suporte Técnico de Conservação de Energia – DPST.

As áreas do Departamento de Planejamento e Estudos de Conservação de Energia estão direcionadas para ações de suporte técnico aos projetos do PROCEL e de planejamento, bem como promoção de tecnologias eficientes (PROCEL Selo, PROCEL Educação, PROCEL Marketing, PROCEL Info, PROCEL Avaliação e Estudos e Projetos). Já as áreas do Departamento de Desenvolvimento de Projetos Especiais atuam diretamente na execução de ações e projetos nos segmentos público e privado (PROCEL Reluz, PROCEL Sanear, PROCEL GEM, PROCEL edifica, PROCEL EPP e PROCEL Indústria).

No âmbito dos Selos PROCEL de Economia de Energia e PROCEL INMETRO de Desempenho, no ano de 2005, foram outorgados 18 categorias de produtos para 64 empresas , com 1.165 modelos premiados.

Tabela 8 - Apresenta os resultados obtidos pelo PROCEL entre 1986 e 2005

	1986/2001[b]	2002	2003	2004	2005
Investimentos Procel (R$ milhões)[a]	231,9	6,0	14,2	27,2	37,2
Investimentos RGR (R$ milhões)	350,9	36,0	25,1	54,0	44,6
Investimentos GEF (R$ milhões)	-	0,4	1,7	13,0	16,2
Investimentos Totais (R$ mil)	582,8	42,3	41,0	94,2	98,0
Energia Economizada (GWh/ano)	14.135	1.270	1.817	2.373	2.158
Usina Equivalente (MW)[c]	3.292	305	436	569	518
Redução de Demanda na Ponta (MW)	3.871	309	453	622	585
Investimento Postergado (R$ milhões)	7.307	1.339	2.007	2.492	1.786

(a) Refere-se somente aos recursos orçamentários do PROCEL efetivamente realizados em cada ano, não sendo considerados os salários do pessoal Eletrobrás/PROCEL.

(b) Para o ano de 2000, foi considerado o investimento orçado, tendo em vista a indisponibilidade de dados.

(c) Refere-se somente aos recrusos liberados em cada ano.

(d) Obtida a partir da energia economizada, considerando o fator de capacidade médio típico de 56% para usinas hidroelétricas e incluindo 15% de perdas médias na T&D para a parcela de conservação de energia.

4.3. CONPET

Visando à "eficientização" do uso dos derivados de petróleo e do gás natural, bem como o respectivo aumento da eficiência energética tanto na oferta como nos usos finais, seja na iniciativa pública como na privada, e procurando desenvolver uma concepção mais abrangente da conservação de energia para o setor de petróleo e gás, foi instituído, em 1991, por Decreto Presidencial, o "Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados de Petróleo e do Gás Natural", CONPET.

A gestão do CONPET é formada pelo Coordenador Geral, responsabilidade do Diretor do Departamento Nacional de Desenvolvimento Energético do Ministério de Minas e Energia, e o Secretário Executivo do Programa, responsabilidade do diretor da PETROBRAS. Todo o apoio técnico e administrativo ao programa é provido pela Estatal, por meio da Secretaria Executiva do Programa, órgão criado em sua estrutura administrativa, especificamente com esta finalidade.

O objetivo e a principal meta do CONPET foram definidos no Decreto Presidencial de sua criação como sendo, respectivamente, "desenvolver e integrar as ações que visem à racionalização do uso dos derivados de petróleo e do gás natural" e "obter um ganho de eficiência energética de 25% no uso dos derivados de petróleo e do gás natural nos próximos 20 anos, sem afetar o nível de atividade".

O Programa possui quatro diretrizes principais:

Promoção e difusão:

- campanhas de divulgação para a sociedade;
- eventos para dirigentes empresariais e técnicos da iniciativa privada;
- instituição de prêmios;
- difusão de sistemas, métodos e técnicas;
- difusão dos resultados alcançados pelo CONPET;
- confecção de relatórios periódicos, resumindo atividades e resultados.

Postura permanente de racionalização energética:

- difusão do conceito de conservação em todos os níveis do sistema de educação; treinamento de pessoal da comunidade científica, tecnológica e empresarial para a formação de uma base de multiplicadores; introdução de disciplinas nos currículos e apoio a programas de pós-graduação;
- criação e/ou revisão de normas técnicas para equipamentos, materiais e sistemas;
- desenvolvimento de mecanismos que assegurem a remuneração dos investimentos em racionalização energética, utilizando a estrutura de preços dos energéticos para sinalizar o seu interesse;
- adequação das legislações setoriais da área de energia;
- inserção da conservação nas políticas industrial, de educação, tecnológica, de transportes e de meio ambiente;
- implantação de mecanismos de inibição de iniciativas e ações que estejam em desacordo com as metas de racionalização do CONPET.

Aumento da eficiência energética de equipamentos e sistemas:

- articulação com os demais programas de conservação existentes;
- promoção de pesquisa e desenvolvimento tecnológico de equipamentos, sistemas e processos;
- intensificação da normalização técnica voltada para medição da eficiência energética, padronização e certificação de componentes e sistemas;
- apoio ao fomento, credenciamento e atuação de organismos governamentais e privados voltados para a racionalização energética;
- proposição de mecanismos que facilitem a comercialização de bens e serviços de interesse para a conservação.

Regionalização:

- apoio ao desenvolvimento e implantação de projetos energéticos baseados em soluções regionais;
- apoio à realização de estudos de diagnósticos e avaliação tecnológica relativos à utilização de fontes energéticas de emprego regional.

As ações do CONPET foram projetadas para abranger seis áreas: institucional, transporte, industrial, residencial/comercial, agropecuária e geração de energia. As quatro primeiras áreas e seus principais projetos, são sintetizados a seguir.

Diversos acordos de cooperação foram assinados com órgãos governamentais e com entidades da iniciativa privada. Concomitantemente à promoção de seminários e cursos, à publicação de folhetos explicativos e à

produção de vídeos educativos, buscou-se criar mecanismos que estimulassem os consumidores a adotarem medidas de racionalização de energia.

O Programa "CONPET na Escola" é a ação de cunho institucional mais importante do CONPET. Ele objetiva levar a "educação em conservação de energia" até os alunos do ensino fundamental e médio. Para tanto, ele visa ampliar o universo de conhecimento do aluno no que diz respeito à preservação dos recursos naturais, estimulando-o a ser um defensor do uso racional dos derivados do petróleo e do gás natural.

No programa "CONPET na Escola", a metodologia inicialmente concebida foi diferente daquela utilizada no "PROCEL nas Escolas", em que os instrutores iam fazer palestras para os alunos nas escolas, desenvolvendo temas sobre conservação de energia, desperdícios e perdas. Na metodologia do "CONPET na Escola", o professor – de qualquer disciplina – se dirigia um local de treinamento – em geral próximo à sua escola e a um equipamento ou instalação da PETROBRAS – e a ele eram transmitidas informações teóricas e práticas sobre o petróleo, energia, o seu caráter finito, a questão do desperdício etc. Em seguida, realizava-se uma visita à instalação da companhia. A definição das escolas envolvidas se fazia através das Secretarias de Educação dos Estados e/ou Municípios, com as quais se estabelecia um convênio específico. Através de uma reunião com os diretores das escolas selecionadas, definia-se o nome dos professores que receberiam o treinamento, aos quais era entregue um certificado de participação no projeto.

O "CONPET na Escola" é considerado como um projeto de resultados de longo prazo. Se Aposta que o sucesso do combate ao desperdício está intimamente relacionado às mudanças de hábitos dos usuários da energia de hoje e de amanhã. Neste sentido, uma medida da eficácia do programa é bastante complexa.

Ao lado do CONPET nas Escolas, pode-se destacar, ainda entre os projetos institucionais, o Prêmio Imprensa de Conservação de Energia - Categoria: Combate ao Desperdício de Combustíveis, instituído por uma Portaria do Ministério de Estado de Minas e Energia, que tinha por objetivo estimular a produção de trabalhos jornalísticos sobre o uso racional de energia elétrica e de derivados do petróleo e do gás natural.

O combate ao desperdício de óleo diesel passou a merecer atenção e prioridade por parte do CONPET. No setor de transportes, responsável aproximadamente por 50% do consumo desse derivado no país, o desperdício é enorme.

Os projetos do CONPET na área de transporte focalizam-se, principalmente, em ações junto aos consumidores finais dos combustíveis. Na maior parte dos casos, o consumidor vinha mostrando um interesse crescente pela conservação de energia, devido às pressões ambientais (controle sobre as emissões dos equipamentos de transporte), ou por razões de competitividade.

Tabela 9 - Apresenta os resultados do CONPET obtidos em 2005

	2005
EconomizAR(a) (milhões de litros de diesel)	272,0
TransportAR(b) (milhões de litros de diesel)	20,4

(a) Programa voltado ao setor de transportes de cargas e passageiros
(b) Programa voltado ao setor de transporte de combustíveis das refinarias da Petrobras

4.4. A lei de eficiência energética

Marco importante para a eficiência energética no Brasil ocorreu, em 17 de outubro de 2001, com a sanção pelo Presidente da República da Lei nº 10.295 que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso

Racional de Energia. A lei prevê, em seu artigo 2º que o poder executivo estabelecerá "níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados e comercializados no país". O Decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001, instituiu o Comitê Gestor de Indicadores e de Níveis de Eficiência Energética – CGIEE, que possui como atribuições, dentre outras, a elaboração das regulamentações específicas para cada tipo de aparelho consumidor de energia e o estabelecimento do Programa de Metas com indicação da evolução dos níveis a serem alcançados por cada equipamento regulamentado.

Vários países vêem adotando, há algum tempo, ações semelhantes às preconizadas na Lei nº 10.295. Entre eles, pode-se citar o governo japonês, que em 1993 efetuou uma revisão da sua "Lei de Conservação de Energia", incorporando inicialmente preocupações ambientais. Em seguida, promulgou-se uma nova lei, a "Lei Complementar da Conservação de Energia". A política energética definida por estes países trata, entre outras questões, da promoção de equipamentos e sistemas energéticos mais eficientes, estabelecendo programas de financiamento e redução de impostos para promover investimentos, por parte da indústria e do comércio, em equipamentos mais eficientes; aceleração do desenvolvimento e da difusão de tecnologias de conservação de energia e a promoção de sistema de etiquetagem com relação à conservação de energia em equipamentos. Assim, em 1995, os governos japonês e americano criaram o programa internacional denominado "Energy Star", estabelecendo padrões de eficiência para equipamentos de escritórios automatizados. Os setores industrial, comercial e de transportes também seguiram nesta mesma direção. Várias normas foram estabelecidas com base na lei japonesa denominada "Lei da Conservação da Energia". Tais normas se aplicam à operação de plantas industriais (por exemplo, a obrigatoriedade do gerenciamento energético da planta ser efetuado por profissionais devidamente capacitados), à construção de edifícios (por exemplo, a obrigatoriedade de adotar medidas que minimizem as perdas de energia térmica através das paredes externas, janelas, e utilização de equipamentos de ar condicionado, sistemas de ventilação, iluminação, etc., eficientes) e à fabricação de equipamentos (padrões mínimos de eficiência e sistemas de etiquetagem).

A produção de equipamentos com inovações tecnológicas e mais eficientes energeticamente geram benefícios não apenas para o setor energético, mas também para outras áreas e setores da sociedade. Assim, por exemplo, quando se estimula o aperfeiçoamento tecnológico com o objetivo de reduzir o consumo de energia numa máquina de lavar roupa, pode-se obter, como conseqüência, um consumo menor de água. Estas inovações tecnológicas também podem trazer benefícios para o meio ambiente, como o desenvolvimento de refrigeradores eficientes livres de CFC.

Prescreve a Lei de Eficiência Energética, no caso brasileiro, que cabe ao Poder Executivo estabelecer os níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País, com base em indicadores técnicos pertinentes.Visando dar alcance de longo prazo dos efeitos da Lei, também é previsto o estabelecimento de um Programa de Metas que possibilite a progressiva evolução dos referidos níveis de eficiência.

Os procedimentos para a efetiva implementação deste instrumento legal foram regulamentados por intermédio do Decreto nº 4.059/01. Nesta ocasião foi instituído o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética - CGIEE, coordenado pelo Ministério de Minas e Energia. Compõem também o CGIEE representantes dos Ministérios de Ciência e Tecnologia; Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior; ANEEL e ANP; bem como representantes da sociedade e da academia brasileiras.

Compete ao CGIEE elaborar plano de trabalho e cronograma, bem como a regulamentação específica e o plano de metas relativo a cada máquina ou aparelho consumidor de energia. Para tanto, vale-se o CGIEE de Comitês Técnicos para instruir suas decisões e acompanhar o respectivo processo de regulamentação.

É importante assinalar que a Lei ao institui inúmeras instâncias para interação com os agentes interessados: fabricantes, consumidores e organismos da sociedade civil. Assim, é prevista a convocação de consultas e audiências públicas, bem como o apoio técnico do INMETRO, PROCEL e CONPET.Assim, busca-se assegurar a maior tranparência possível no estabelecimento dos indicadores de eficiência energética.

A Lei nº 10.295/01 também prevê que os níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País, devem ser estabelecidos com base em valores técnica e economicamente viáveis, considerando a vida útil das máquinas e aparelhos consumidores de energia. Em até um ano a partir da publicação desses níveis, deve ser definido um Programa de Metas para sua progressiva evolução. Os fabricantes e os importadores de aparelhos consumidores de energia serão obrigados a adotar as medidas necessárias para que sejam obedecidas as regulamentações específicas e os programas de metas.

O CGIEE iniciou seus trabalhos em julho de 2002 e obteve resultados concretos que se traduzirão em economia de energia significativa para o país ao longo do tempo.

Foram desenvolvidos os seguintes produtos principais:

- Plano de Trabalho para Implementação da Lei;
- Regulamentação Específica de Motores Elétricos Trifásicos;
- Regulamentação Específica das Lâmpadas Fluorescentes Compactas;
- Consulta e Audiências Públicas das Regulamentações Específicas dos seguintes equipamentos: refrigeradores e congeladores; condicionadores de ar; fogões e fornos;
- Minuta da Regulamentação Específica de Aquecedores de Água;
- Regulamentação para Etiquetagem Voluntária do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais e Públicos.

Para dar continuidade aos trabalhos, faz-se necessário o desenvolvimento de uma série de estudos para fornecer suporte técnico e operacional para embasar as decisões do Comitê Gestor. O ineditismo deste tipo de trabalho no país e a complexidade dos assuntos tratados exigem um esforço contínuo de pesquisa e de desenvolvimento de trabalhos técnicos.

A consolidação da implementação da Lei de Eficiência Energética irá produzir, como conseqüência, os seguintes fatos:

- Retirar do mercado, no médio e longo prazo, os equipamentos menos eficientes energeticamente;
- Obter progressiva economia de energia ao longo do tempo;
- Promover o desenvolvimento tecnológico, através da fabricação de equipamentos energeticamente mais eficientes;
- Promover o aumento da competitividade industrial do país;
- Reduzir os gastos dos consumidores;
- Contribuir para a redução dos impactos sócio-ambientais através do uso de equipamentos que consomem menos energia.

Para alcançar estes objetivos de forma adequada, a tomada de decisão sobre o estabelecimento dos níveis

de eficiência energética dos equipamentos requer amplo e sólido conhecimento sobre a realidade do mercado brasileiro, as características da indústria nacional, a capacidade dos consumidores de adquirir equipamentos eficientes, a infra-estrutura laboratorial disponível, as normas existentes e as possibilidades de inovação tecnológica.

4.5. O Programa de Eficiência Energética (PEE)

Em 1995, com o início da privatização das empresas concessionárias de distribuição de energia elétrica, o Governo Federal se preocupou em garantir que o setor privado, os novos proprietários das concessionárias, investisse em eficiência energética. Desde essa data, muitas alterações ocorreram e com reflexos nas orientações para a utilização dos recursos das distribuidoras, passando inclusive pelo racionamento de energia elétrica de 2001.

Desde o primeiro ciclo (1998/1999) do Programa de Eficiência Energética que o processo de sua elaboração e condução vem sofrendo mudanças significativas. No início, nem as empresas e nem mesmo o órgão regulador tinha a exata noção da forma de conduzir tais projetos e, decorridos 7 ciclos, várias foram às mudanças sofridas.

O atual Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética da ANEEL, do ciclo 2005/2006, prevê algumas mudanças importantíssimas, em relação aos seus antecessores. Ele limitou os programas a projetos desenvolvidos em prédios comerciais e de serviços, instalações industriais, residenciais, localidades rurais, serviços públicos, poderes públicos, aquecimento solar para substituição do chuveiro elétrico e atendimento a comunidades de baixa renda.

No caso de projetos desenvolvidos em prédios comerciais e de serviços, instalações industriais, grandes condomínios residenciais, serviços públicos, poderes públicos, somente serão aceitos se acompanhados da avaliação preliminar (pré-diagnóstico) já realizado. Os projetos de aquecimento solar para substituição de chuveiro elétrico, deverão ser analisados caso a caso.

Os projetos desenvolvidos em instalações localizadas em áreas rurais devem enfocar o uso de equipamentos elétricos como: processo de irrigação por *pivôt* central, por aspersão, por gotejamento; secagem e beneficiamento de grãos; iluminação de galpões de granjas, e outros usos finais.

Os investimentos destinados a projetos em comunidades de baixo poder aquisitivo, as chamadas baixa renda, devem ser de 50% do valor total do PEE. Estes devem enfatizar o uso eficiente de energia, com a adequação de instalações elétricas internas das habitações, doações de equipamentos eficientes, instalação de aquecedores solares em substituição de chuveiros elétricos, a instalação de pré-aquecedores solares em auxilio a utilização dos chuveiros elétricos, além de permitir ações educacionais especificas para estas comunidades.

Muitas das empresas concessionárias de distribuição de energia elétrica vinham utilizando os projetos desenvolvidos, principalmente, em instalações industriais, grandes condomínios, prédios comerciais e de serviços público para desenvolver com estes, contratos de desempenho. A ANEEL regulou este procedimento limitando o valor máximo a ser aplicado em projetos com contrato de desempenho em 50% do valor total do PEE. Além desta medida outras foram adotadas no sentido de regular este procedimento, sendo que a mais controversa é a que obriga a concessionária a reverter os ganhos obtidos com os contratos de desempenho em financiamentos a novos projetos de eficiência energética, também por meio de contratos de desempenho, em ciclos posteriores.

Muitos críticos desta determinação alegam que a sociedade obteria maiores ganhos se os lucros obtidos com os contratos de desempenho fossem revertidos à modicidade tarifária. Esta é uma questão polêmica, se por um lado existe a possibilidade de ganhos sociais com a redução da tarifa havendo, por conseqüência, o crescimento do consumo, por outro há os ganhos com a redução do consumo específico. Outra importante evolução do atual manual está na obrigatoriedade de realização de campanhas de medição e verificação (M&V) dos resultados dos projetos. As campanhas de M&V têm como objetivo primordial verificar as reais economias obtidas com tais ações.

Segundo informações da ANEEL do segundo semestre de 2005, o Programa de Eficiência Energética, desde seu início, em 1998, impeliu as concessionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica a investirem aproximadamente R$ 1.400.000.000,00 (um bilhão e quatrocentos milhões de reais), alcançando uma economia média estimada de 4.000 GWh/ano, e retirando uma carga da ponta de consumo da ordem de 1.140 MW. A aplicação de recursos foi concentrada em três tipos de projetos, eficientização de prédios e indústrias com 30% dos investimentos, projetos de iluminação pública com 28% do investimento total e por fim, projetos residenciais, principalmente doação de lâmpadas eficientes, com 16% do total de aplicação de recursos.

A seguir, tem-se uma apresentação resumida de alguns dos ciclos dos Programas de Eficiência Energética das empresas distribuidoras de energia elétrica.

■ 4.5.1. Ciclo 1998/1999

O conjunto de Programas apresentados pelas 17 concessionárias, que tiveram seus contratos de concessão celebrados ou renovados até aquele momento e, portanto, com obrigação de investir recursos em programas de Eficiência Energética, para o ciclo 1998/1999, somaram R$ 196 milhões. A Resolução ANEEL nº 261 de 03 de Setembro de 1999 determinava os valores mínimos para investimento em cada tipo de projeto, ficando assim determinado:

- No mínimo 25% dos recursos, deverão ser destinados a ações especificamente vinculadas ao uso final de energia elétrica. Deste recurso, no mínimo 30% deverá ser aplicado em projetos dos tipos residenciais, industriais e prédios públicos, sendo que deve ser apresentado no mínimo 1 projeto de cada tipo;
- No mínimo 10% deverão ser aplicados em projetos de pesquisa e desenvolvimento tecnológico do setor elétrico;
- Os restantes dos recursos deverão ser aplicados em projetos de melhoria do fator de carga;

Quando os recursos forem inferiores a R$ 1.000.000,00 (um milhão de reais), dispensam-se as obrigatoriedades acima citadas. A tabela a seguir resume os tipos de projetos apresentadas no ciclo, bem como seus investimentos e resultados esperados em termos de economia de energia e demanda.

Tabela 10 – Resumo dos projetos e resultados – ciclo 1998/1999

Projeto	Investimentos apropriados	Energia conservada	Demanda retirada	Percentual dos investimentos realizados	Percentual das energias conservadas	Percentual das demandas evitadas
Unidades	**R$ mil**	**MWh/ano**	**MW/ano**	**%**	**%**	**%**
Iluminação pública	31.133,04	172.880	38,12	15,83	27,11	16,04
Iluminação residencial	4.099,17	11.981	7,15	2,08	1,88	3,01
Eletrodomésticos eficientes	1.314,58	6.598	1,68	0,67	1,03	0,71
Condomínio	692,92	71	0,31	0,35	0,01	0,13
Controladores de demanda	17.459,85	-	26	8,88	-	10,94
Tarifa diferenciada	11.645,33	-	10,47	5,92	-	4,41
Indústrias	10.480,87	63.730	15,71	5,33	9,99	6,61
Prédios públicos	5.136,72	29.170	3,6	2,61	4,57	1,51
Prédios comerciais/ serviços	5.136,72	29.170	3,6	2,61	4,57	1,51
Perdas	109.521,92	324.086	131,02	55,70	50,82	55,13
Total	**196.621,12**	**637.686**	**237,66**	**100**	**100**	**100**

Fonte: Aneel.

Como pode ser observado Tabela 10, as concessionárias distribuidoras de energia elétrica, seguindo o determinado pela Resolução nº 261, destinaram os maiores investimentos em projetos pelo lado da oferta de energia, ou seja, de melhoria de fator de carga, que correspondem aos projetos de controle de demanda, tarifa diferenciada e perdas nos sistemas de distribuição, representando 70,50% do total investido. Entretanto, dentro deste total investido, 55,70% destinou-se a projetos de melhoria do fator de carga. Percebe-se por este dado, que existia uma forte tendência das empresas em investir em projetos que pudessem gerar benefícios diretos.

As Figura 1, Figura 2 e Figura 3 apresentam, respectivamente, a relação entre os investimentos, as energias conservadas e demandas evitadas propostas nos diversos tipos de projetos apresentados no ciclo 1998/1999.

Figura 1 – Relação entre os investimentos realizados nos projetos propostos no ciclo 1998/1999

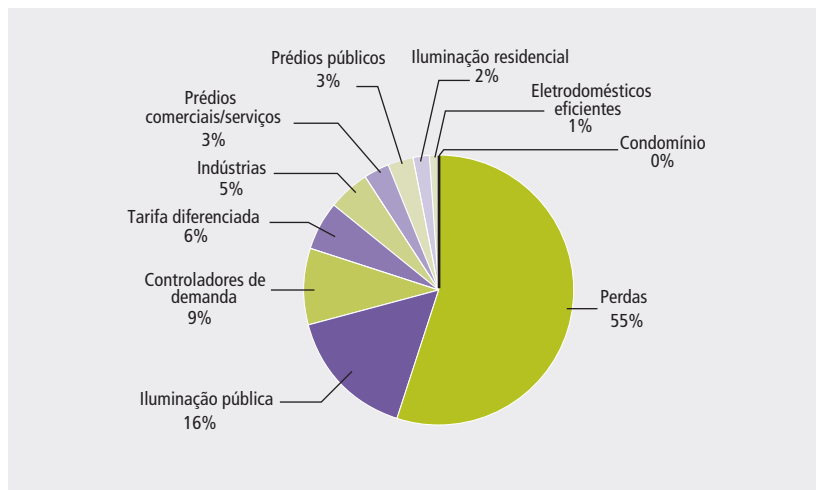



Figura 2 – Relação entre a energia conservada e os projetos propostos no ciclo 1998/1999

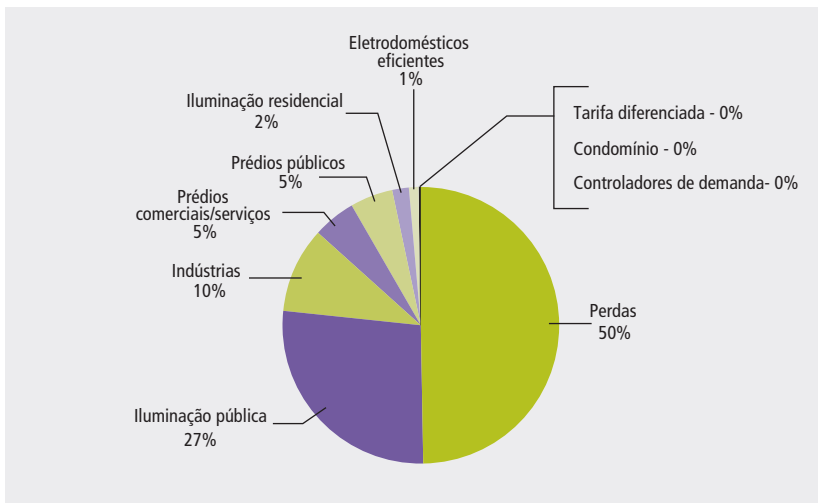
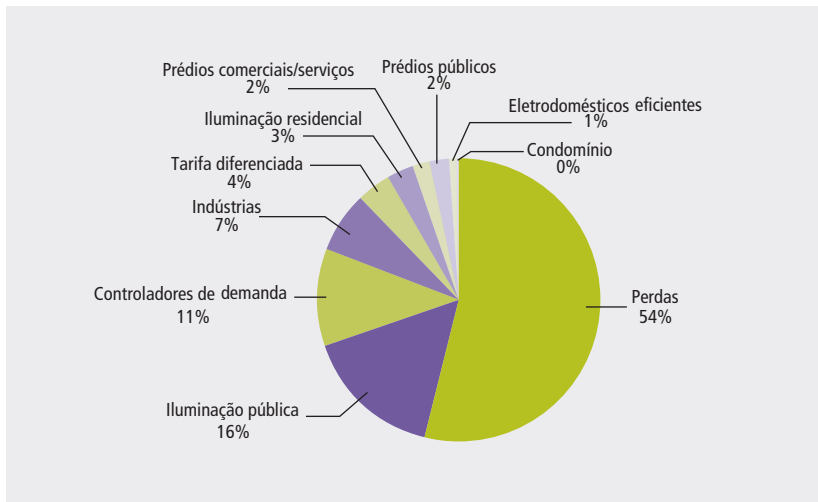



Figura 3 – Relação entre a demanda retirada e os projetos propostos no ciclo 1998/1999

4.5.2. Ciclo 1999/2000

Este ciclo, com menos informações disponíveis, se verifica que as empresas que tiveram seus contratos de concessão realizados ou atualizados até aquele momento, foram obrigadas a investir em eficiência energética. Estes investimentos se distribuíram entre projetos em uso final, ou seja, pelo lado da demanda, com 82,67 milhões de reais e pelo lado da oferta, com 123,14 milhões de reais, correspondendo a 40% e 60 % do total, respectivamente.

Observa-se que neste ciclo, a tendência de crescimento nos investimentos em programas pelo lado da oferta, ou seja, programas de diminuição de perdas técnicas das empresas, que sofreu um acréscimo de 5% em relação ao ciclo 98/99, a ANEEL procurou corrigir esta distorção no ciclo seguinte.

A Resolução da ANEEL nº 271, de 19/7/2000, que originou e aprovou o “Manual para Elaboração do Programa Anual de Combate ao Desperdício de Energia Elétrica” para o ciclo 1999/2000, estabeleceu critérios para a aplicação de recursos em ações de combate ao desperdício, onde, a aplicação dos recursos era de, no mínimo, 0,9% da Receita Operacional Líquida (RoL) em ações objetivando incrementar a eficiência no uso e na oferta de energia elétrica. Para essas ações foram definidos que, no mínimo, 30% em projetos deveriam ser do tipo residencial, industrial e prédios públicos, devendo, neste caso, ser apresentado no programa pelo menos um projeto de cada tipo e que, os 0,1% restantes deveriam ser aplicados em projetos no uso final, vinculadas ao incremento da eficiência na oferta de energia elétrica.

4.5.3. Ciclo 2000/2001

A Lei nº 9.991, de 24/07/2000, alterou o montante de recursos que as concessionárias de serviços públicos de distribuição de energia elétrica deveriam aplicar em programas de eficiência energética para 0,50% da receita operacional líquida. Desta forma, o conjunto de projetos apresentados pelas 64 concessionárias para o ciclo 2000/2001 totalizou aproximadamente R$ 151 milhões. Este investimento corresponde a 92% do mínimo esperado de R$ 164 milhões. Esta diferença é devida a projetos cancelados sendo seus respectivos percentuais transferidos para ciclos seguintes.

Em 2000, a crise de abastecimento de energia elétrica experimentada no País, levou à necessidade de implantação de ações que promovessem a racionalização do consumo de energia elétrica de maneira rápida e emergencial, procurando assim, evitar seu racionamento. Com isso, as Resoluções ANEEL nº 153, de 18/4/2001 e nº 186, de 23/5/2001, alteraram os critérios de aplicação dos recursos em ações de combate ao desperdício de energia elétrica para o ciclo 2000/2001, previamente estabelecidos na Resolução nº 271/00.

Assim sendo, as concessionárias, deveriam aplicar recursos, no mínimo de 0,25% da ROL em projetos de doação de lâmpadas fluorescentes compactas a consumidores de baixo poder aquisitivo e, no mínimo de 0,5%, deveria ser aplicada em projetos de eficientização da iluminação pública. É importante destacar que os projetos que já se encontravam aprovados pela ANEEL e que tinham contratos de fornecimento de materiais e/ou serviços comprovadamente firmados, poderiam ser concluídos.

Os projetos apresentados pelas 64 empresas no ciclo 2000/2001 totalizaram, aproximadamente, R$ 151 milhões, valor este, cerca de 18% inferior ao esperado, que era de R$ 164 milhões. Esta diferença é devida a projetos cancelados sendo seus respectivos percentuais transferidos para ciclos seguintes.

A Tabela 11 resume os tipos de projetos apresentadas no ciclo, bem como seus investimentos e resultados esperados em termos de economia de energia e demanda.

Tabela 11 – Resumo dos projetos e resultados propostos– ciclo 2000/2001

Projeto	Investimentos	Energia conservada	Demanda retirada	Percentual dos investimentos realizados	Percentual das energias conservadas	Percentual das demandas evitadas
Unidades	**R$ mil**	**MWh/ano**	**MW/ano**	**%**	**%**	**%**
Iluminação pública	36.692.318,33	140.494	32.458	24,32	15,75	12,91
Iluminação residencial	78.018.057,00	562.854	169.989	51,71	63,10	67,63
Fator de cargas	4.196.786,26	-	4.044	2,78	-	1,61
Indústrias	3.730.014,64	30.209	5.009	2,47	3,39	1,99
Prédios públicos	2.165.437,00	3.924	1.233	1,44	0,44	0,49
Comerciais e serviços	4.400.349,00	2.311	717	2,92	0,26	0,29
Educação	1.936.908,62	69.474	19.703	1,28	7,79	7,84
Serviços públicos	462.000,00	3.700	900	0,31	0,41	0,36
Marketing	6.861.396,79	-	-	4,55	-	-
Perdas	12.408.139,00	79.077	17.309	8,22	8,86	6,89
Total	**150.871.406,64**	**892.043**	**251.362**	**100**	**100**	**100**

Fonte: Aneel.

Neste ciclo observa-se uma alteração interessante em relação ao ciclo 98/99. Neste aparecem investimentos em projetos de educação, marketing e serviços públicos. Apesar dos dois primeiros serem projetos de difícil mensuração de seus resultados, eles foram, na ocasião, muito importante, pois, possibilitaram a conscientização dos consumidores com relação às questões de uso eficiente da energia. Não que marketing e educação não sejam mais necessários mas, os critérios de investimento em programas deste tipo devem ser muito bem avaliado e, sua necessidade, varia de região para região do País, não devendo, portando, serem simplesmente retirados do rol de possibilidades de todas as concessionárias.

Resoluções ANEEL nº 153/01 e nº 186/01, alteraram profundamente o perfil dos Projetos de Eficiência Energética. Observa-se na Tabela anterior e na Figura 4, Figura 5 e Figura 6 que, aproximadamente, 54% dos investimentos se concentraram na melhoria energética dos sistemas de iluminação residencial e 24% em iluminação pública.

Este fato é relevante, a medida que, os programas que apresentavam uma característica de privilegiarem o próprio sistema elétrico das empresas, passaram a se concentrar no uso final.

Figura 4 – Relação entre os investimentos realizados nos projetos propostos no ciclo 2000/2001

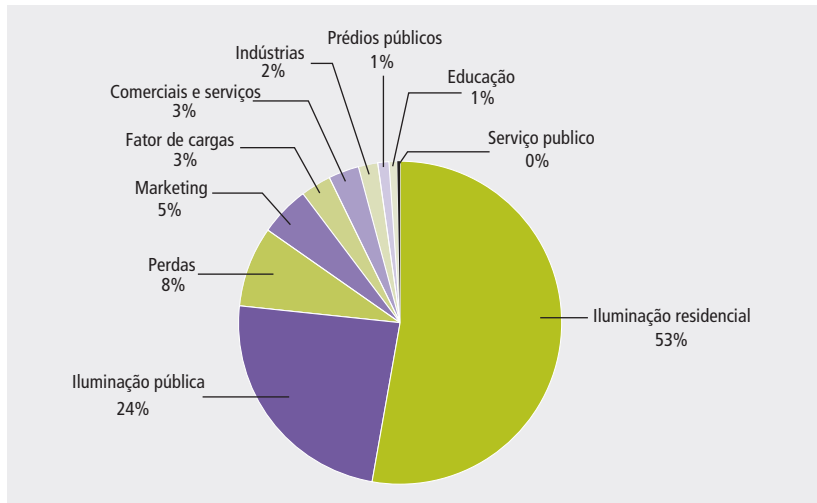



Figura 5 – Relação entre a energia conservadas e os projetos propostos no ciclo 2000/2001

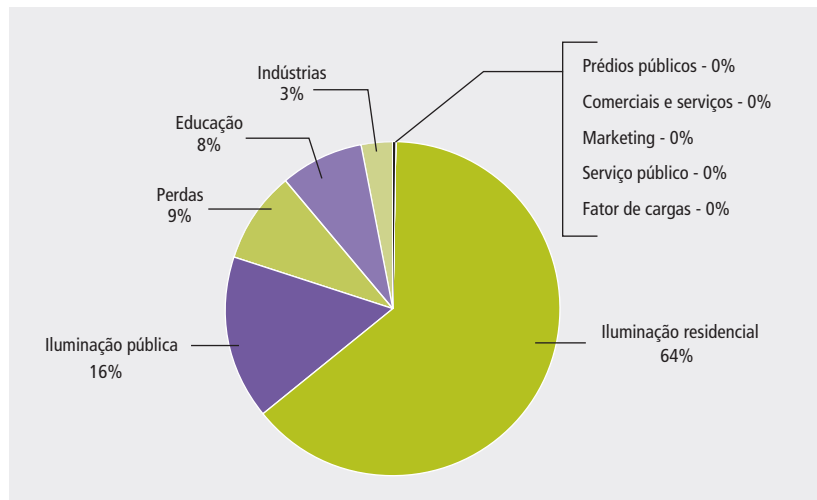
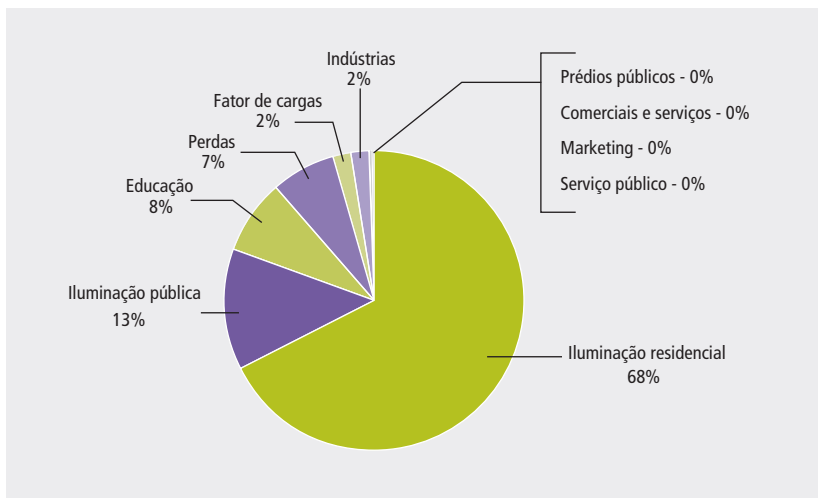



Figura 6 – Relação entre a demanda retirada e os projetos propostos no ciclo 2000/2001

■ 4.5.4. Ciclo 2001/2002

Neste ciclo entrou em vigor da Lei nº 9.991, de 24/07/2000 reduzindo o montante dos investimentos em eficiência energética que as empresas concessionárias de serviços públicos de distribuição de energia elétrica são obrigadas a realizar anualmente, de no mínimo um por cento para cinqüenta centésimos por cento de sua receita operacional líquida. Em termos técnicos, a resolução da ANEEL nº 394/01, que estabeleceu os critérios para a aplicação dos recursos em PEE's e aprovou o Manual do Programa de Eficiência Energética, teve como principal característica o impedimento de investimentos em projetos de melhoria do sistema das empresas como, perdas técnicas.

Os projetos apresentados pelas 64 empresas no ciclo 2001/2002 totalizaram, aproximadamente, R$ 143,3 milhões, valor este, cerca de 23,8% inferior ao esperado, que era de R$ 188,2 milhões. Esta diferença é também devida a projetos cancelados sendo seus respectivos percentuais transferidos para ciclos seguintes e também por empresas que não conseguiram implementar seus Programas

A Tabela 10 resume os tipos de projetos apresentadas no ciclo, bem como seus investimentos e resultados esperados em termos de economia de energia e demanda.

Tabela 12 – Resumo dos projetos e resultados propostos – ciclo 2001/2002

Projeto	Investimentos	Energia conservada	Demanda retirada	Percentual dos investimentos realizados	Percentual das energias conser-vadas	Percentual das deman-das evitadas
Unidades	**R$**	**MWh/ano**	**MW/ano**	**%**	**%**	**%**
Iluminação pública	85.561.089,88	178.490,00	41.007,00	59,71	50,90	49,06
Residencial	14.740.564,66	29.154,00	10.687,00	10,29	8,31	12,79
Fator de cargas	213.200,00	630,00	1.799,00	0,15	0,18	2,15
Indústrias	14.209.072,55	69.359,00	11.630,00	9,92	19,78	13,91
Prédios públicos	8.031.747,01	15.398,00	2.859,00	5,60	4,39	3,42
Comerciais e serviços	8.714.315,47	29.649,00	6.536,00	6,08	8,45	7,82
Educação	4.936.839,97	20.218,00	5.768,00	3,45	5,77	6,90
Serviços públicos	4.722.891,83	5.854,00	2.449,00	3,30	1,67	2,93
Gestão energética municipal	399.154,42	-	-	0,28	-	-
Rural	1.425.353,00	1.931,00	849,00	0,99	0,55	1,02
Aquecimento solar	347.123,00	-	-	0,24	-	-
Total	**143.301.351,79**	**350.683,00**	**83.584,00**	**100**	**100**	**100**

Fonte: Aneel.

Observando a Tabela 12 e a Figura 7, Figura 8 e Figura 9, se verifica uma forte migração dos investimentos para os programas de iluminação pública, isto, provavelmente, ocorreu por conseqüência do impedimento em investir na eficiência dos sistemas próprios e, também, por serem sistemas com grande potencial de eficientização, trazendo bons resultados em termos de investimentos realizados.

Outros pontos a serem destacados são o surgimento de projetos voltados à gestão energética municipal, projetos da área rural e projetos em aquecimento solar, programas estes, que até então não eram implementados e foram para esse ciclo foram colocados, pela ANEEL, como novas opções de projeto.

Figura 7 – Relação entre os investimentos realizados nos projetos propostos no ciclo 2001/2002

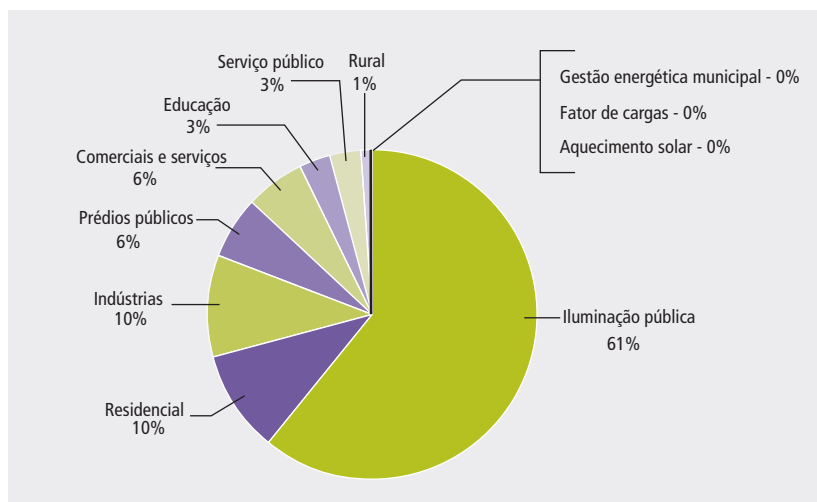



Figura 8 – Relação entre a energia conservada e os projetos propostos no ciclo 2001/2002

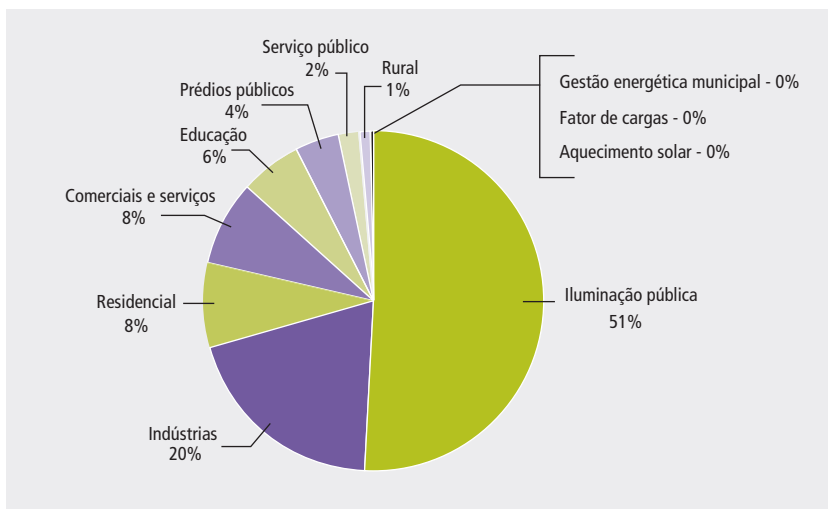
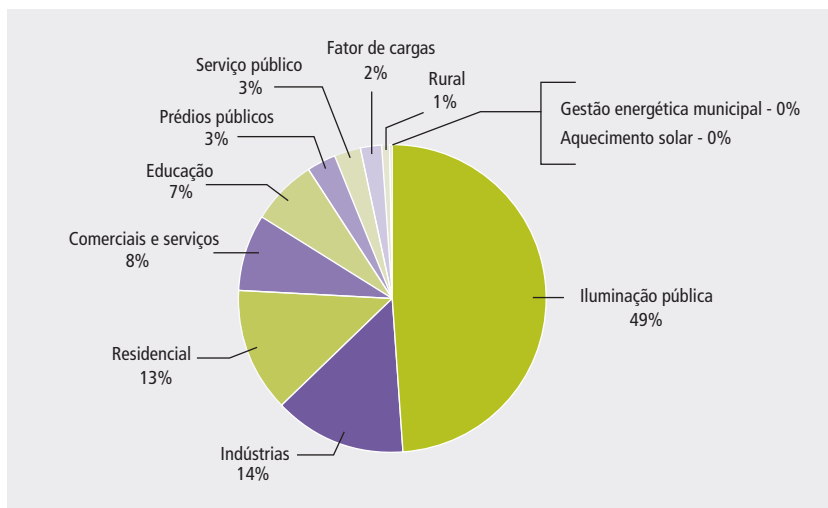



Figura 9 – Relação entre a demanda retirada e projetos propostos no ciclo 2001/2002

4.5.5. Ciclo 2002/2003

Este ciclo foi regido pela resolução ANEEL nº 492, de 3/9/2002. Esta Resolução estabeleceu os critérios para a aplicação de recursos em programas de eficiência energética e aprovou o Manual do Programa de Eficiência Energética a ser observado. Em termos de tipos de projetos, a única novidade deste manual, em relação ao manual do ciclo anterior, foi a retirada de projetos de fator de carga, como tarifas diferenciadas e controladores de demanda.

Os projetos apresentados pelas 64 empresas no ciclo 2002/2003 totalizaram, aproximadamente, R$ 157,5 milhões, valor este, cerca de 30,0% inferior ao esperado, que era de R$ 224 milhões.

A Tabela 13 resume os tipos de projetos apresentadas no ciclo, bem como seus investimentos e resultados esperados em termos de economia de energia e demanda.

Tabela 13 – Resumo dos projetos e resultados propostos– ciclo 2002/2003

Projeto	Investimentos	Energia conservada	Demanda retirada	Percentual dos investimentos realizados	Percentual das energias conservadas	Percentual das demandas evitadas
Unidades	**R$**	**MWh/ano**	**MW/ano**	**%**	**%**	**%**
Iluminação pública	77.572.108,03	111.242,82	24.577,11	49,31	47,58	43,57
Residencial	1.907.937,27	10.903,36	3.825,04	1,21	4,66	6,78
Indústrias	18.448.280,59	65.382,77	9.018,64	11,73	27,97	15,99
Prédios públicos	4.761.949,21	6.005,02	2.180,33	3,03	2,57	3,87
Comerciais e serviços	12.922.087,99	22.841,58	3.836,60	8,21	9,77	6,80
Educação	28.942.750,00	-	-	18,40	-	-
Serviços públicos	8.189.660,88	9.549,71	8.201,65	5,21	4,08	14,54
Gestão energética municipal	1.959.567,80	-	-	1,25	-	-
Rural	1.571.648,20	2.916,72	1.372,99	1,00	1,25	2,43
Aquecimento solar	1.028.208,47	4.949,94	3.392,84	0,65	2,12	6,02
Total	**157.304.198,44**	**233.791,92**	**56.405,20**	**100**	**100**	**100**

Fonte: Aneel.

Observando os resultados apresentados na Tabela anterior e na Figura 10, Figura 11 e na Figura 12verifica-se que este ciclo é praticamente uma continuidade do ciclo anterior, ou seja, com forte tendência de investimentos em programas de eficientização de sistemas de iluminação pública, com 49,31% do montante e projetos na área industrial, com 11,73%. Verifica-se, também, que ocorre um forte crescimento em projetos em educação, com 18,40%. Os projetos aqui intitulados de, simplesmente, de educação são, na verdade, em sua grande maioria projetos de treinamento de pessoal próprio e outros casos, de formação de mão-de-obra especializada.

Figura 10 – Relação entre os investimentos realizados nos projetos propostos no ciclo 2002/2003

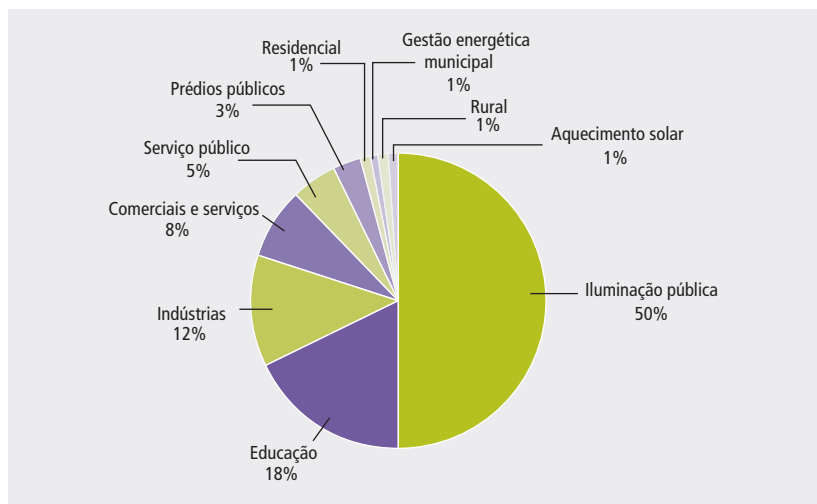



Figura 11 – Relação entre a energia conservada e os projetos propostos no ciclo 2002/2003

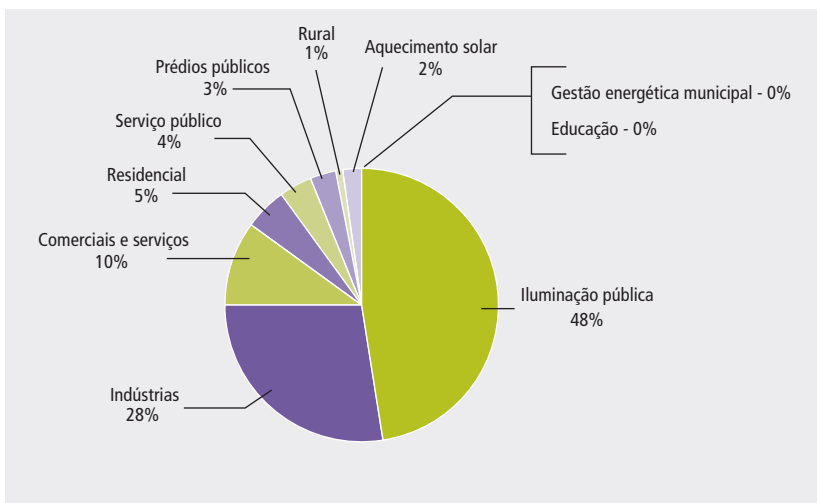
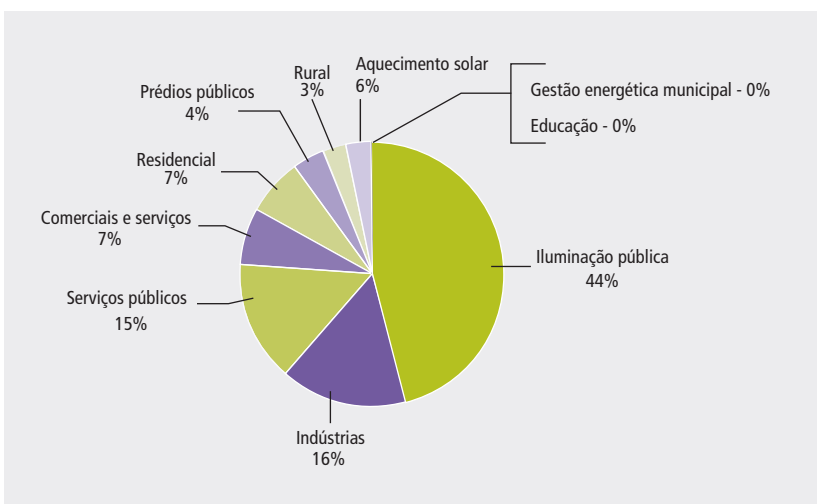



Figura 12 – Relação entre a demanda retirada e os projetos propostos no ciclo 2002/2003

4.5.6. Evolução dos programas dos ciclos 1998 - 2003

A Figura 13 apresenta a evolução dos valores investidos pelas concessionárias em Programas de Eficiência Energética entre os ciclos 1998/1999 e 2002/2003, exceto 1999/2000. O crescimento acentuado verificado do primeiro ciclo (1998/1999) para o terceiro (2000/2001) foi porque, no primeiro ciclo, apenas 17 empresas tinham a obrigação contratual de fazê-lo, enquanto no terceiro, as 64 empresas distribuidoras de energia elétrica já haviam renovado seus contratos e, portanto, tinham a obrigação de investir em Programas de Eficiência Energética.

Figura 13 – Evolução dos valores investidos pelas concessionárias em programas de eficiência energética

	Investimento (R$)
1998/1999	196.621,12
2000/2001	150.871.406,64
2001/2002	143.301.351,79
2002/2003	157.304.198,44

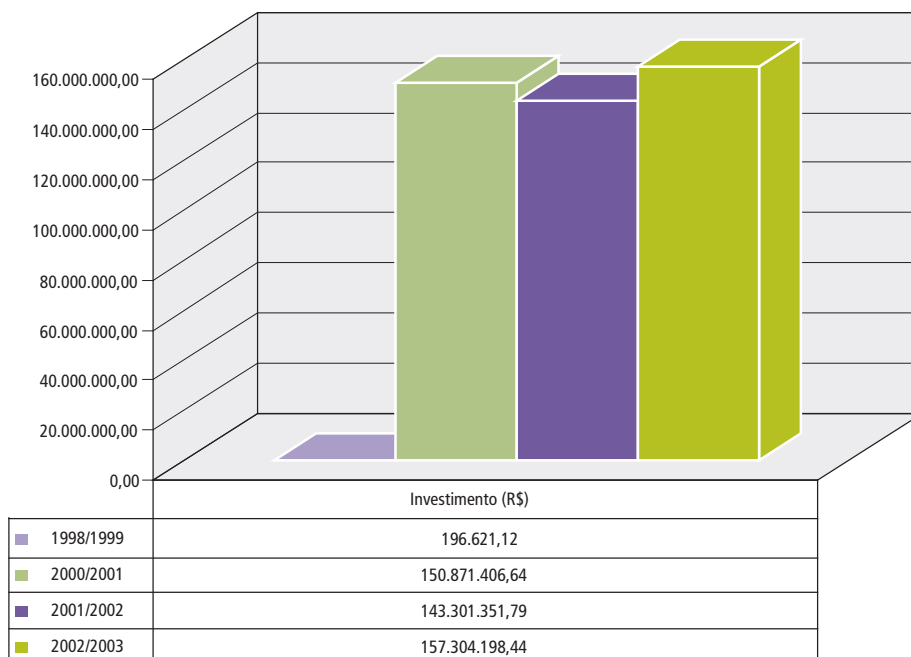



Figura 14 – Evolução dos resultados obtidos pelas concessionárias, em termos de energia economizada, em programas de eficiência energética

	Energia conservada (MWh/ano)
1998/1999	637.686,00
2000/2001	892.043,00
2001/2002	350.683,00
2002/2003	233.791,92

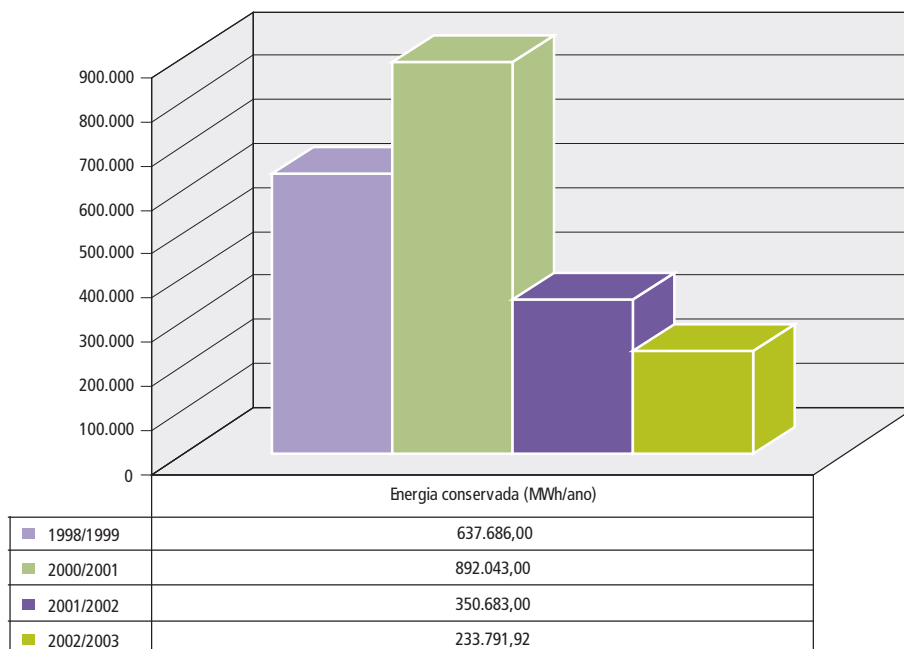



Figura 15 – Evolução dos resultados obtidos pelas concessionárias, em termos de demanda retirada, em programas de eficiência energética

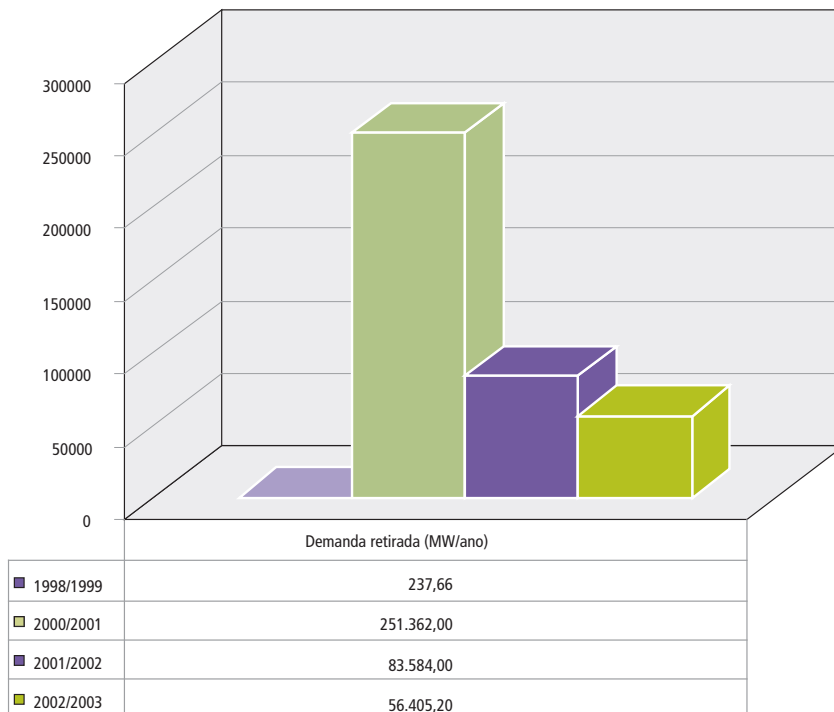
	Demanda retirada (MW/ano)
1998/1999	237,66
2000/2001	251.362,00
2001/2002	83.584,00
2002/2003	56.405,20

Apesar de se verificar uma estabilização nos valores investidos entre o terceiro e quinto ciclos, 2000/2001 a 2002/2003, respectivamente, verifica-se analisando as Figura 14 e Figura 15, que os resultados esperados em termos de Energia Economizada (MWh/ano) e Demanda Retirada (MW), sofreram uma acentuada queda no mesmo período. Esta queda na expectativa do resultado dos projetos acorreu, possivelmente, pelo aprimoramento do processo, à medida que os ciclos iam acontecendo mais apurados eram os resultados esperados pelos programas. Outro fato que pode ter influenciado estes resultados foi que vários tipos de projetos deixaram de ser executados no decorrer do processo, ou mesmo, mudaram suas metodologias de mensuração. Como exemplo, podem ser citados os projetos de controle de demanda e tarifa diferenciada que deixaram de fazer parte do rol dos programas de eficiência energética, os programas de marketing e educação que foram introduzidos ao longo deste, todos, projetos sem expectativa de resultados em termos de Energia Economizada (MWh/ano) e/ou Demanda Retirada (MW).

Figura 16 – Evolução dos investimentos (R$) em programas de iluminação pública

	Iluminação pública
1998/1999	31.133,04
2000/2001	36.692.318,33
2001/2002	85.561.089,88
2002/2003	77.572.108,03

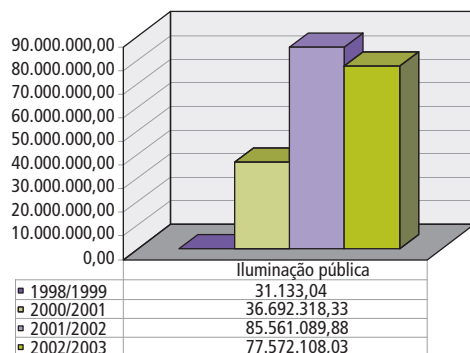



Figura 17 – Evolução dos investimentos (R$) em programas no setor residencial

	Residencial
1998/1999	4.099,17
2000/2001	78.018.057,00
2001/2002	14.740.564,66
2002/2003	1.907.937,27

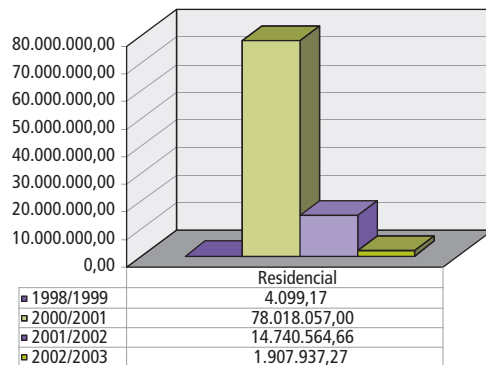



Figura 18 – Evolução dos investimentos (R$) em programas no setor industrial

	Indústrias
1998/1999	10.480,87
2000/2001	3.730.014,64
2001/2002	14.209.072,55
2002/2003	18.448.280,59

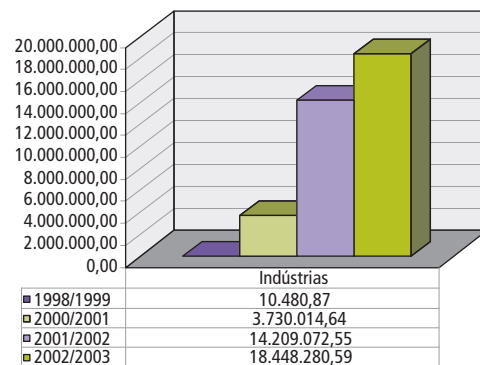



Figura 19 – Evolução dos investimentos (R$) em programas em prédios públicos

	Prédios públicos
1998/1999	5.136,72
2000/2001	2.165.437,00
2001/2002	8.031.747,01
2002/2003	4.761.949,21

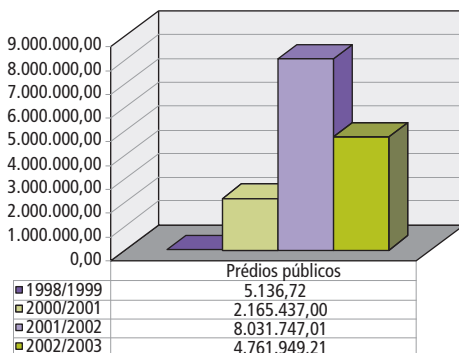
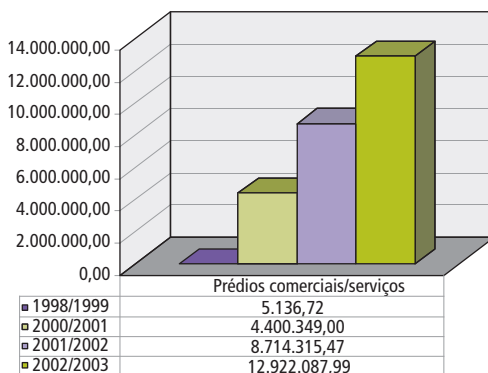



Figura 20 – Evolução dos investimentos (R$) em programas em prédios comerciais e serviços

	Prédios comerciais/serviços
1998/1999	5.136,72
2000/2001	4.400.349,00
2001/2002	8.714.315,47
2002/2003	12.922.087,99

A Figura 16, Figura 17, Figura 18, Figura 19 e Figura 20 apresentam, respectivamente, a evolução dos investimento em projetos de iluminação pública, residências, industrial, prédios públicos e comércio/serviços. Estes são os únicos cinco tipos de programas que foram desenvolvidos em todos os quatro ciclos aqui analisados.

Observa-se nestas figuras que os investimentos em iluminação pública cresceu muito no início do processo e apresentam, nos últimos dois ciclos analisados, uma tendência de estabilização. Já os projetos residenciais e industriais e comércio/serviços apresentam situações completamente opostas, ou seja, na medida que os investimentos no setor industrial e de comércio/serviço cresceram, os do setor residencial caíram. Esta tendência pode ser explicada analisando o lado financeiro do processo. As empresas passaram a enxergar na eficiência energética uma oportunidade de ampliar seu "*portfolio*" de negócios, na medida que, nestes setores seria possível a realização de contratos de desempenho[9].

Em 1998, no início dos ciclos de investimento em eficiência energética, estes programas eram vistos pela grande maioria das empresas como uma ação gerencial indesejável pois as mesmas se viram obrigadas a investir em direção contrária de seus interesses que é o de crescimento do consumo e não, sua redução. Porém, esta mudança de paradigma ocorreu ao longo dos ciclos à medida que, as empresas passaram a enxergar a eficiência energética como um "*business*", e nesse negócio, o setor industrial é o grande foco.

9 Contratos de desempenho são aqueles celebrados entre o consumidor e a concessionária visando ações que levem a economias de energia, de tal forma que o valor investido, para implementação dessas ações, sejam recuperados com a economia propiciada pelas ações de eficientização.

4.6. O setor de transportes

Nos anos 70 e 80, ocorreram várias iniciativas de conservação de energia patrocinadas pelo antigo Conselho Nacional do Petróleo - CNP e/ou pelo Ministério de Transportes, visando, principalmente, a redução do consumo energético nas atividades de transporte de carga e/ou passageiros. As principais medidas propostas estão descritas nas Tabela 14 e Tabela 15.

Tabela 14 – Medidas de conservação de energia adotadas no transporte de passageiros (1970-80).

• Restrições ao uso do transporte individual e estímulo ao transporte solidário.
• Redução da freqüência de ônibus intermunicipais, visando alcançar índices maiores (75-80%) de ocupação.
• Revisão de freqüências e itinerários de ônibus urbanos.
• Reestruturação do sistema de transporte coletivo urbano.
• Renovação da frota de ônibus, acelerando o sucateamento de veículos com mais de dez anos de vida útil.
• Modernização do sistema de controle de tráfego.
• Implantação de vias urbanas expressa para coletivos.
• Incentivo ao desenvolvimento de veículos mais eficientes.
• Limitação da velocidade máxima nas estradas (80 km/h).
• Limitação de circulação de veículos particulares em áreas congestionadas.
• Implantação, em algumas cidades, do sistema de ônibus elétricos.
Comentários: Das medidas acima expostas, a restrição ao uso do transporte individual não encontrou apoio da população. Em alguns casos, por exemplo, no fechamento dos postos em fins de semana, a política acabou gerando, de fato, grandes desperdícios de combustível em filas para encher o tanque dos automóveis na véspera. As demais iniciativas obtiveram, em geral, alguns sucessos localizados.

Fonte: Carvalho, A.V.; Krause, G.G."Evolução do Mix Energético e Racionalização do Setor de Transportes no Brasil". Apresentado no Seminário da OLADE sobre Uso Racional de Energia no Setor de Transportes – Ênfase em Programas de Dieselização. Bogotá, Colômbia, Ago/1988.

Tabela 15 – Medidas de conservação de energia adotadas no transporte de carga – 1970-80.

• Políticas de preço de combustíveis capazes de incentivar modalidades de transporte energeticamente mais eficientes.
• Desenvolvimento do transporte intermodal – aplicação de containers, piggy-back, navios roll-on/roll-off - e adaptação dos portos para maior capacidade de armazenamento e para a interligação modal.
• Desenvolvimento da navegação de cabotagem e fluvial.
• Modernização e ampliação da malha ferroviária.
• Criação de centrais de carga e informação de fretes, viabilizando o planejamento da distribuição de cargas e a diminuição da ociosidade no seu transporte.
• Conservação da rede rodoviária, incluindo o controle de excesso de carga por eixo.
• Treinamento e esclarecimento do motorista, inclusive no que tange aos aspectos de manutenção do veículo.
• Controle do acesso de caminhões de carga em vias urbanas e desenvolvimento da integração de transporte pesado e transporte leve, associado às centrais de carga.
• Melhoria da eficiência energética dos veículos, incluindo o Programa Voluntário de Economia de Diesel e Lubrificantes – PRODEL, que divulgava resultados de esforços realizados em direção à melhoria da eficiência energética dos veículos, tais como: uso de turbo-compressores (economia potencial de combustível de 5 a 16% e redução da emissão de fumaça), uso de pneus radiais (economia potencial de combustível de até 16%. e substancial aumento da vida útil do pneu), uso de defletores aerodinâmicos (economia potencial de combustível de 4 a 10%), ventiladores com embreagens (melhoria potencial de consumo de 5% e aumento da vida útil dos motores).
Comentários: Algumas dessas medidas apresentaram resultados positivos, que conduziram a reduções nos quocientes Energia/PIB e Energia/t.km do país.

Fonte: Carvalho, A.V.; Krause, G.G.; Evolução do Mix Energético e Racionalização do Setor de Transportes no Brasil. Apresentado no Seminário da OLADE sobre Uso Racional de Energia no Setor de Transportes – Ênfase em Programas de Dieselização. Bogotá, Colômbia, Ago/1988.

O combate ao desperdício de óleo diesel passou a merecer atenção e prioridade por parte do CONPET. No setor de transporte, responsável por mais de 50% do consumo desse derivado no país, o desperdício é significativo. Estima-se que a eliminação completa desse desperdício levaria a economias muito significativas (algo em torno de US$1 bilhão/ano).

As parcerias entre o CONPET e a iniciativa privada começaram com a relação estabelecida com a Federação

de Transporte - FETRANSPOR, no Rio de Janeiro, em 1993, originando um primeiro projeto piloto visando o uso racional de óleo diesel e de óleos lubrificantes nas empresas filiadas, orientado sobre o uso adequado da frota de caminhões e ônibus, além do sistema de estocagem de combustíveis. "SIGA BEM" e "ECONOMIZAR" são os principais projetos do CONPET em desenvolvimento neste setor. O CONPET iniciou, em 1994, em uma parceria com a BR, um projeto voltado para a orientação de caminhoneiros em postos de estradas. Este projeto recebeu o nome de "SIGA BEM". O projeto tem como objetivo prover caminhoneiros autônomos de informações sobre maneiras de otimizar o consumo de óleo diesel de seu caminhão, após a realização de um diagnóstico sobre o estado do seu veículo quanto a este aspecto.

O projeto é operacionalizado através da instalação de centros de avaliação de caminhões – Sala do caminhoneiro e Centro de revisão técnica - em postos de serviço nas estradas, estrategicamente localizados. Os diagnósticos são gratuitos. Estes centros consistem de uma pequena garagem, onde estão disponíveis um medidor de opacidade de gases de combustão de veículos e ferramentas. A partir de um procedimento estabelecido com o Centro de Pesquisas da PETROBRAS, faz-se uma correlação entre o grau de opacidade dos gases da descarga do veículo e o nível de consumo. Gases muito escuros significam um consumo elevado de óleo diesel. Concomitantemente, em uma sala contígua, o caminhoneiro tem acesso a informações técnicas de como racionalizar o consumo de combustível, por intermédio de vídeos e folhetos explicativos, especialmente produzidos para este fim.

Os resultados desse esforço, em termos de ganhos efetivos no consumo de óleo diesel, são difíceis de ser avaliados. Não existem curvas precisas de correlação entre a opacidade dos gases e o consumo dos motores. Além do mais, os resultados que podem ser aferidos são aqueles obtidos quando o caminhão deixa o boxe do SIGA-BEM. Neste momento, os ganhos devem ser máximos; porém, na medida que o caminhoneiro sai para a estrada novamente, os ganhos se perdem e, após 20 a 30 mil km rodados, o caminhoneiro deveria revisitar o boxe do SIGA BEM.

De qualquer forma, o CONPET estima que, potencialmente, a economia média de óleo diesel obtida pelos caminhoneiros atendidos pelo projeto seja da ordem de 12-15% na saída do boxe. Assumindo-se que, em média, cada caminhão percorra 120 mil km por ano, e que as condições de eficiência do motor não se alterem, esta economia representaria, por caminhão/ano, aproximadamente 7.500 litros de óleo diesel, ou 5,78 t de carbono a menos emitido para a atmosfera. Assim, 80 mil caminhões atendidos teriam economizado cerca de 600 milhões de litros de combustível, evitando a emissão de 463 mil toneladas de carbono. Apesar da incerteza correlata a estas estimativas, elas são suficientes para mostrar a relevância do programa.

O Projeto SIGA BEM tem se sustentado graças a "forças de mercado". Seu sucesso e expansão junto à rede de distribuição BR explica-se pelo ganho de faturamento e de clientes que este tem proporcionado à empresa. Porém, o projeto se limita aos postos BR. Aparentemente, o programa ainda é percebido como uma iniciativa de marketing da PETROBRAS e não como um programa governamental.

O Projeto ECONOMIZAR, lançado em 1996, é direcionado para as empresas de transporte de carga e de passageiros que operam garagens próprias onde seus veículos são reabastecidos e/ou onde dispõem de oficina para reparos mecânicos. Objetiva-se apoiar essas empresas na implementação e/ou melhoria dos métodos de gestão do uso do óleo diesel e em medidas visando a qualificação profissional dos motoristas e mecânicos.

Contando com a parceria da Confederação Nacional de Transportes - CNT, a partir de 1998, em convênio com o Instituto de Desenvolvimento de Assistência Técnica e Qualidade no Transporte - IDAQ, e com o apoio

das federações e sindicatos do setor de transporte, Ministério dos Transportes e PETROBRAS, esse projeto é implementado através de unidades móveis, com técnicos treinados e devidamente equipados, que realizam visitas às empresas, fazendo uma avaliação do consumo e das emissões dos veículos. Além disso, audita-se os métodos de gestão do uso dos combustíveis e avalia-se a qualificação profissional dos motoristas e mecânicos e os cuidados com o recebimento e armazenamento do óleo diesel. As federações ou sindicatos associados fornecem as unidades, bem como os técnicos especializados, enquanto o CONPET fornece toda a metodologia, o treinamento e os opacímetros. O projeto foi implantado em 18 estados mais o Distrito Federal, com a participação de 12 federações de transporte. Após um ano e meio de execução de sua primeira fase, o projeto conta com 14 unidades móveis, tendo atendido cerca de 35.000 veículos, entre ônibus e caminhões.

O projeto ECONOMIZAR é considerado pelo CONPET como um grande sucesso. Em agosto de 1998 foi iniciada a sua segunda fase, que objetiva atingir 80 unidades móveis em 4 anos. Pretende-se renovar as adesões das entidades já participantes, formalizar novas adesões, adquirir novos equipamentos e veículos, selecionar e treinar novos técnicos para os trabalhos de campo e iniciar operações em novas regiões.

Assim como ocorre no caso do SIGA BEM, é muito difícil aferir os ganhos realmente obtidos pelo programa ECONOMIZAR. De acordo com o CONPET, durante a primeira fase foram realizados diagnósticos em mais de 2.251 empresas e, em média, têm sido observadas reduções de 10% no consumo específico de óleo diesel nas frotas auditadas. Estima-se que isso represente, por veículo/ano, uma economia de 2.600 b/d de óleo diesel, ou 2,16 t de carbono emitidas a menos para atmosfera. Contudo, não tem sido feitas visitas periódicas dos técnicos às garagens já auditadas, de forma a obter-se séries históricas de dados que permitam avaliar a eficácia do programa no médio e longo prazo. Na segunda fase, a meta é economizar entre 50/60 mil barris equivalente de petróleo por dia, representando uma economia que poderá superar os U$ 500 milhões/ano.

Além dos projetos descritos anteriormente, merecem também destaque o projeto "Operação Qualidade do Ar" e o Prêmio Nacional de Conservação e Uso Racional de Combustível – Categoria : Transporte Rodoviário. O primeiro visa combater o desperdício de combustíveis e melhorar o desempenho da frota de caminhões por meio do acompanhamento da qualidade dos combustíveis, avaliações de consumo e treinamento em direção defensiva e econômica. Além dos ganhos operacionais, o projeto visa também proteger a imagem da marca, exposta nos veículos, e melhorar a qualidade do meio ambiente. O segundo, instituído por decreto presidencial, visa estimular o aumento da eficiência do uso do óleo diesel nos serviços de transporte rodoviários de carga ou de passageiros no país, e .será concedido anualmente pela Secretaria Executiva do CONPET e Confederação Nacional do Transporte - CNT, através do Instituto de Desenvolvimento Assistência Técnica e Qualidade em Transporte – IDAQ.

As iniciativas do CONPET tem sido praticamente inexistentes no que tange a incentivar a introdução de tecnologias de maior eficiência energética, como, por exemplo, veículos de menor consumo específico de gasolina, álcool ou óleo diesel. Uma tentativa está sendo feita com o procedimento padrão para determinar o desempenho de veículos leves, junto ao INMETRO. O passo seguinte é a implantação da etiquetagem nos carros nacionais.

Outra iniciativa do CONPET é o projeto TRANSPORTAR que visa a atender aos caminhões de transporte de petróleo e derivados, que se abastecem nos terminais da PETROBRÁS.O projeto foi iniciado em novembro de 2002, no Terminal da REVAP (São José dos Campos) para atender ao Termo de Ajustamento de Conduta com a CETESB/SP. Até janeiro de 2006, 1.800 caminhões foram avaliados no Terminal, totalizando 5 mil avaliações.

Considerando-se exclusivamente os programas de maior impacto econômico do CONPET, o ECONOMIZAR e o TRANSPORTAR, em 2005 foi economizado 272 milhões de litros de óleo diesel e não emitido para a atmosfera 757 mil toneladas de CO_2. Valorando-se a economia do diesel importado à razão de US$ 0,40/litro (EIA/DOE), estima-se uma economia na balança comercial de US$ 108,8 milhões, representando um resultado de aproximadamente R$ 234 milhões. Considerando-se que o orçamento agregado do CONPET para o exercício de 2005 totalizou R$ 6,6 milhões (seis milhões e seiscentos mil reais), pode-se dizer que para cada real investido do Programa em 2005, o País economizou cerca de R$ 35 (trinta e cinco reais). Caso se considere a elegibilidade do Programa no âmbito do MDL, à razão de US$ 10/tonelada de CO_2 evitada, pode-se adicionar ao valor econômico do CONPET um benefício aproximado de US$ 20 milhões (vinte milhões de dólares) ainda não contabilizados.

O nível futuro das emissões de gás carbônico no setor de transporte dependerá muito de se saber se os usuários continuarão a aumentar o peso e a potência dos veículos que dirigem, assim como as distâncias que percorrem. É necessário um trabalho entre o governo em conjunto com as empresas automobilísticas para desenvolver uma nova geração de veículos que sejam mais eficientes do que o atuais, sem nenhuma perda de segurança, conforto, ou custo. Além disso, é importante o desenvolvimento de motores e combustíveis avançados, mais limpos e eficientes, que possam ser usados tanto em caminhões quando nos utilitários, que estão se tornando cada vez mais populares. A pesquisa e desenvolvimento de células de combustível mostra grandes probabilidades de se aumentar drasticamente a eficiência e reduzir as emissões dos veículos.

Em relação aos ônibus elétricos, como os trólebus, a bateria, híbridos ou híbridos plug-in, existem várias experiências sendo feitas e com sucesso, mas é necessário mensurarmos o custo do investimento. São necessários projetos urbanísticos e adaptação dos corredores de ônibus com investimentos dos governos municipais, como feito recentemente, por exemplo, pela prefeitura da cidade de São Paulo. Enfim é fundamental o envolvimento de todos os setores interessados como a indústria automobilística, da construção civil, governos municipais, estaduais e federal.

4.7. Considerações sobre a Experiência Nacional

Com o estabelecimento dos Protocolos de Montreal e Quioto, que alçaram a eficiência energética à condição de instrumento privilegiado e, algumas vezes, preferencial de mitigação de efeitos decorrentes das emissões de gases de efeito estufa e destruidores da Camada de Ozônio, e de poluentes ambientais, ressaltou-se a percepção de que o aumento de eficiência pode constituir uma das formas mais econômica e ambientalmente favoráveis de atendimento de parte dos requisitos de energia.

Conforme descrito nas seções anteriores, o Brasil desenvolve, há mais de duas décadas, programas de eficiência energética reconhecidos internacionalmente: o PROCEL, o CONPET e o Programa Brasileiro de Etiquetagem. Os Programas de Eficiência Energética das concessionárias de distribuição de energia elétrica, regulados pela ANEEL, decorrentes da Lei nº 9.991/00, mais recentes, asseguram um fluxo regular de recursos aos projetos de eficiência. Circunscrevendo este quadro referencial, a Lei nº 10.295/01 confere ao Estado poder discricionário para estabelecer índices mínimos de eficiência – ou máximos de consumo – aos equipamentos produzidos ou comercializados no Brasil.

Ao se comparar a realidade atual com o cenário de 20 anos atrás, quando o PROCEL foi instituído, não é difícil reconhecer como a situação evoluiu e que diversas barreiras foram removidas. Com efeito, hoje são ofertadas no mercado inúmeras tecnologias eficientes, a preços bastante atrativos. Para isso foi fundamental

o papel desempenhado pela etiquetagem e pelos prêmios, que ajudaram a divulgar as alternativas eficientes. Por outro lado, o controle da inflação e os reajustes das tarifas de energia e combustíveis tornaram atrativas as opções de modernização tecnológica. A rede de laboratórios, hoje fortalecida e mais capacitada, provê os serviços necessários à garantia da qualidade dos produtos e à segurança dos consumidores, reconhecidas por meio de etiquetas e selos credibilizados pelas marcas do INMETRO, CONPET e PROCEL. Atualmente, os consumidores brasileiros, ainda relativamente mobilizados pela memória residual da crise energética de 2001, permanecem sensíveis ao custo da energia e à ameaça do desabastecimento.

Tendo em vista todas as conquistas e os resultados já obtidos por meio dos Programas Nacionais de Eficiência Energética, o estabelecimento formal e consolidado de uma Política Nacional de Eficiência Energética, já em grande parte implícita nas ações desenvolvidas, deve propiciar um avanço significativo na mobilização e nas ações dos diversos agentes econômicos que devem participar desse esforço nacional.

O desafio presente é consolidar e ampliar os avanços e conquistas obtidos, conferindo mais contundência e consonância às iniciativas de eficiência energética no Brasil.

É inegável que o Brasil encontra-se, atualmente, frente a um cenário extremamente favorável ao fortalecimento do mercado de eficiência energética, dispondo de um imenso potencial a ser explorado. Todavia, este mercado e este potencial não parecem estar se concretizando na prática. Cabe perguntar, então, qual a grande barreira a ser posta em perspectiva e que se constitui, conseqüentemente, no objeto principal desta futura Política?

Entende-se que o grande desafio, hoje, é tornar sustentável o mercado e a atividade empresarial da eficiência energética no Brasil. O Estado deve se valer do seu aparato para fomentar os agentes econômicos, alocando recursos públicos já assegurados em lei, segundo prioridades definidas por relações benefício/custo favoráveis, visando sempre o desenvolvimento e consolidação de estruturas que tornem esse mercado, a médio e longo prazos, capaz de prescindir da intervenção governamental. Obviamente, não se pretende abrir mão da permanente atribuição de formulação política, tampouco da ação reguladora e fiscalizadora, que lhe competem, estruturalmente.

Resumindo, a POLÍTICA NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA será construída visando orientar:

- Um conjunto de projetos prioritários e consistentes, a serem conduzidos sob orientação do MME, em articulação com os demais agentes de Governo.
- A inserção da eficiência energética no planejamento do setor energético, em consonância com a Matriz Energética Nacional – MEN, o Plano Nacional de Energia – PNE e o Plano Decenal de Energia Elétrica – PDEE.
- O planejamento estratégico e a definição de ações prioritárias dos Programas Nacionais de Conservação de Energia – PROCEL e CONPET e outros que venham a ser definidos para áreas específicas.
- A formulação de mecanismos regulatórios eficazes e de instrumentos de fiscalização pelas agências de regulação do setor energético – ANEEL e ANP.
- A concessão de financiamentos pelos agentes financeiros oficiais em consonância com as diretrizes e linhas de ação estabelecidas.
- A política de P&D para a área de eficiência energética por meio da articulação dos recursos e das instituições envolvidas.
- A concepção e a implementação de projetos de eficiência energética das empresas distribuidoras do setor, em cumprimento aos regulamentos estabelecidos pelas agências reguladoras.

• A constituição de uma estrutura operacional capaz de gerir a implementação desta Política, dotada de recursos orçamentários e humanos compatíveis com a relevância desta missão.

5. O papel da geração distribuída e da cogeração

5.1. Geração distribuída

O Sistema Elétrico Nacional é composto pelo Sistema Interligado Nacional (SIN), e pelos Sistemas Isolados[10]. A extensão territorial e a predominância de usinas hidrelétricas criou a necessidade de um extenso sistema de transmissão nacional.

A transmissão que interliga os recursos de geração e distribuição permite reduzir os custos operativos, minimizar a produção térmica e reduzir o consumo de combustíveis, sempre que houver superávits hidrelétricos em outros pontos do sistema. Por outro, implica perdas elétricas que, somadas às perdas na distribuição, totalizam valores da ordem de 14,5%, além de cargas que demandam necessidades específicas (perfil de demanda, tolerância a variações de tensão, níveis de distorções harmônicas etc.). O suprimento de cargas por sistemas de geração instalados mais próximos a estas traz potenciais benefícios na transmissão.

A Geração Distribuída tem importante aplicação no Sistema Isolado - no suprimento às cargas não interligadas ao SIN. No Sistema Interligado, pode ser implementada segundo os seguintes modelos operativos:

• **Energia base:** Produção de energia elétrica para suprir, total ou parcialmente, as necessidades do consumidor, ou grupo de consumidores, em substituição à energia da concessionária;

• **Corte de ponta:** Produção de energia elétrica durante o "horário de ponta"[11]. Este é o período crítico de operação do sistema elétrico, com uma importante sobreposição de cargas industriais, comerciais e residenciais, o que acarreta na sobrecarga temporária do mesmo;

• **Energia de emergência (back-up):** Destina-se ao suprimento da carga em momentos de indisponibilidade do sistema principal de energia elétrica.

A produção de energia de emergência é a modalidade mais comum no Brasil. Operam com conjuntos moto-geradores, normalmente à diesel, especialmente projetados para este fim (limitações operativas de 100 a 300 horas por ano). Normalmente, esse modelo á adotado para o suprimento de cargas próprias.

As operações para corte de ponta e energia base têm especial importância em setores da economia onde a interrupção do fornecimento e variações na qualidade da energia podem comprometer a competitividade do negócio, ou quando é possível aproveitar resíduos energéticos do processo como combustível. A operação nesses modelos de negócio trazem a oportunidade, a produtores independentes e a auto-produtores (com ou sem exportação de energia), para suprir cargas próprias e de terceiros, como atividade econômica.

Considerando o conceito amplo para eficiência energética, o qual contempla a estratégia da substituição energética, mencionada anteriormente, a geração distribuída – GD torna-se eficaz para a Segurança Energética e o Desenvolvimento Sustentável, por meio das seguintes características:

• aumento do número de unidades produtoras e diversificação de fontes primárias na matriz energética, que reduzem os riscos operacionais e hidrológicos de fornecimento de energia elétrica;

• proximidade da carga geralmente reduz os custos e as perdas no transporte de energia elétrica, aumen-

10 Localizados principalmente no Norte do País
11 definido como o período de 3 horas contínuas segundo a regulamentação da ANEEL

tando a disponibilidade;

- agilidade, modularidade e os reduzidos tempo médio de implantação dos empreendimentos de GD permitem a correção de eventuais desvios no planejamento integrado em curto prazo;
- flexibilidade de operação permite a atuação desses na base, na ponta ou como reserva próximo à carga;
- possibilidade de viabilizar, de forma sustentável, energias primárias regionais renováveis (bioeletricidade e alternativas), com baixa emissão de poluentes;
- aproveitamento, por meio, principalmente, da cogeração, de resíduos de processos produtivos, freqüentemente desperdiçados;
- atendimento a áreas remotas com baixa densidade de carga, de forma técnica e economicamente viável, proporcionando a essas comunidades melhor qualidade de vida e ao desenvolvimento efetivo da atividade econômica, contribuindo para a sustentabilidade da universalização;
- estímulo ao desenvolvimento de novas tecnologias e, conseqüentemente, criação de oportunidades de trabalho, geração de emprego e renda, patentes, *royalties* e a arrecadação de impostos para o país. Adicionalmente, contribui para reduzir a dependência tecnológica externa, corroborando com os esforços do país para o equilíbrio da balança comercial;
- oportunidades de desenvolvimento para a indústria nacional - geração e comercialização de energia, máquinas e equipamentos, operação e manutenção de centrais energéticas.

Entretanto, para a implantação da Geração Distribuída alguns fatores fundamentais devem ser levados em conta:

- Estágio das tecnologias e disponibilidades no mercado (facilidade de aquisição de peças de reposição e assistência técnica);
- Disponibilidade e risco de suprimento de combustíveis e seus custos no local;
- Custos dos equipamentos;
- Aspectos ambientais (ruídos e emissões);
- Aspectos legais de contratação.

Esses fatores serão sucintamente discutidos a seguir.

5.2. Modelo de negócios

As centrais energéticas, para efeito de outorga, são objetos de concessão, autorização ou registro, segundo enquadramento realizado em função do tipo de central, da potência a ser instalada e do destino da energia.

Segundo o destino da energia, o empreendimento de geração pode ser classificado como autoprodução de energia (APE), produção independente de energia (PIE) ou produção de energia elétrica destinada ao atendimento do serviço público de distribuição (SP).

A autoprodução é caracterizada quando o agente produz energia para o consumo próprio, podendo, com a devida pré-autorização, comercializar o excedente (APE-COM).

Na produção independente, por sua conta e risco, o agente gera energia para comercialização com distribuidoras ou diretamente com consumidores livres.

5.2.1. Tecnologias de geração distribuída

A Geração Distribuída baseia-se na conversão de uma fonte (normalmente primária ou secundária) de energia em outra (energia elétrica), em locais próximos daqueles onde esta última será consumida. Sem perda de generalidade, podemos dividir a GD em 3 grandes grupos: Pequenas Centrais Termelétricas (PCT), Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH), Centrais Energéticas de fontes Alternativas e Renováveis (CEAR).

Pequenas Centrais Termelétricas (PCT)

De forma simplificada, a geração de energia em Pequenas Centrais Termelétricas (PCT) é um processo onde máquinas primárias, que utilizam processos térmicos, acionam mecanicamente o eixo de um gerador elétrico. A Figura 21 e a Tabela 16 resumem as tecnologias mais comumente empregadas para a geração de energia em PCT´s.

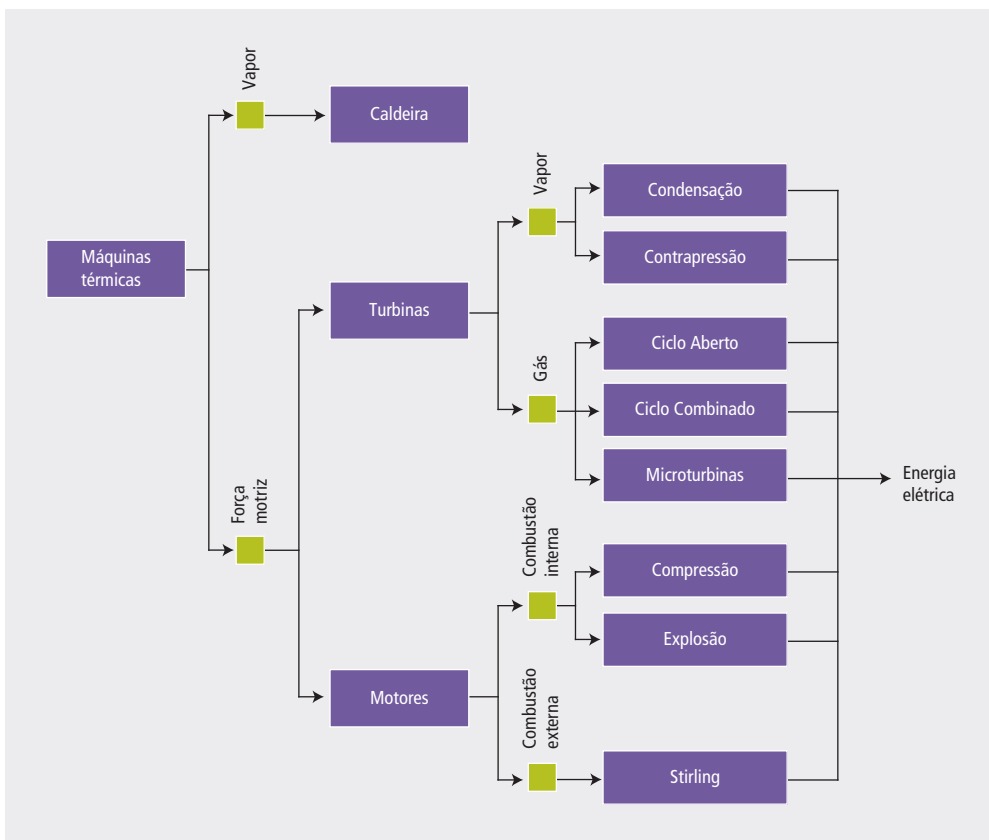
Figura 21 – Tecnologias para as PCT's

Fonte: EPE.

Tabela 16 – Quadro-resumo: tecnologias de geração distribuída - PCT

Tecnologia			Combustível	Tamanho	Eficiência	Custo de instalação	Custo de O&M	Custo médio	Vantagens	Desvantagens
Unidade				MW	%	U$/kW	U$/kWh	U$/kWh		
Turbina	Vapor	Condensação	Qualquer um	1 – 100	10 – 20	1.000 – 3.350	< 0,4	2,5 – 6,5	• Grande eficiência em cogeração • Flexibilidade de combustível, incluindo fontes renováveis e resíduos • Tecnologia madura • Produção de vapor de alta temperatura e pressão	• Baixo rendimento com carregamento parcial • Baixa eficiência elétrica • Necessita de caldeiras de alta pressão (mais caras) • Partida lenta
Turbina	Vapor	Contrapressão	Qualquer um	0,5 – 500	7 – 20	1.000 – 3.500	< 0,4	2,5 – 6,5		
Turbina	Gás	Ciclo Aberto	• Gás natural • Biogás • Propano • Óleos destilados	0,25 – 500	25 – 42	800 – 1.800	0,3 – 1	4,0 – 5,5	• Fácil instalação • Mais barata e ocupa menos espaço que o sistema turbina a vapor mais caldeira • Sistemas maiores têm mais eficiência com custo relativamente menor • Grande produção de Vapor	• Baixo rendimento com carregamento parcial • Maior custo de combustível • Alto custo • Performance reduzida em altas altitudes e períodos de alta temperatura
Turbina	Gás	Ciclo Combinado	• Gás natural • Biogás • Propano • Óleos destilados	3 – 300	35 – 55	800 – 1.200	0,3 – 1	4,0 – 4,5		
Turbina	Gás	Microturbina	• Gás natural • Biogás • Propano • Óleos destilados	0,025 – 0,5	20 – 30	1.300 – 2.500	1	5,0 – 7,0	• Possibilidade de utilização como back up • Eficiência Global alta, operando com recuperação de calor • Operação “Black Start”, conectado ao grid ou não	• Baixo rendimento com carregamento parcial • Baixa eficiência elétrica • Eficiência susceptível a mudanças nas condições ambientes
Motor	Combustão Interna	Compressão	• Gás natural • Biogás • Propano • Óleos destilados	0,08 – 20	35 – 45	900 – 1.500	0,5 – 2	4,5 – 5,5	• Custo inicial baixo • Alta eficiência • Alto rendimento com carregamento parcial • Partida rápida – boa opção para backup e corte de ponta • Robustez	• Nível de vibração implica em investimento em fundações especiais • Grande número de partes móveis tornam o custo de manutenção de 2 a 2,5 vezes maior do que turbinas a gás • Requer um alto número de Intervalos para manutenção • Baixa utilização do calor recuperável
Motor	Combustão Interna	Explosão	• Gás natural • Biogás • Propano • Combustíveis líquidos	0,08 – 20	23 – 43	900 – 1.500	0,5 – 2	4,5 – 5,5		
Motor	Combustão Externa	Stirling	Qualquer um	0,001 – 0,025	12 – 20	2.000 – 5.000	0 – 3,5	5,0 – 9,5	• Operação com baixas temperaturas, o que o torna adequado para aplicações domésticas • Menor número de partes móveis • Baixo nível de ruído • Baixa emissão de NOx • Alta flexibilidade de combustível	• Baixa eficiência • Alto custo • Pouca robustez

Fonte: WADE Guide to DE Technologies – Modificado.

Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH)

A Resolução da ANEEL nº 394, de 04/12/98, estabelece que os aproveitamentos com características de Pequenas Centrais Hidrelétricas são aqueles que têm potência entre 1 e 30 MW e área inundada até 3,0 km^2, para a cheia centenária.

Os tipos de PCH variam de acordo com a regularização do reservatório, altura de queda e a potência instalada. Quanto à capacidade de regularização do reservatório, são: PCH a Fio d'água; PCH de Acumulação, com Regularização Diária do Reservatório; e PCH de Acumulação, com Regularização Mensal do Reservatório. Em todos os casos, as PCH´s apresentam a vantagem de utilizarem pouca ou nenhuma área alagada, reduzindo os impactos ambientais, os custos associados com o reservatório e o tempo necessário para a sua implantação.

As PCH´s podem ainda ser classificadas quanto à potência instalada e quanto à queda de projeto, como mostrado na Tabela 17. Estes parâmetros são analisados conjuntamente para obtenção de uma classificação mais adequada.

Tabela 17 – Classificação das pch quanto à potência e à queda de projeto

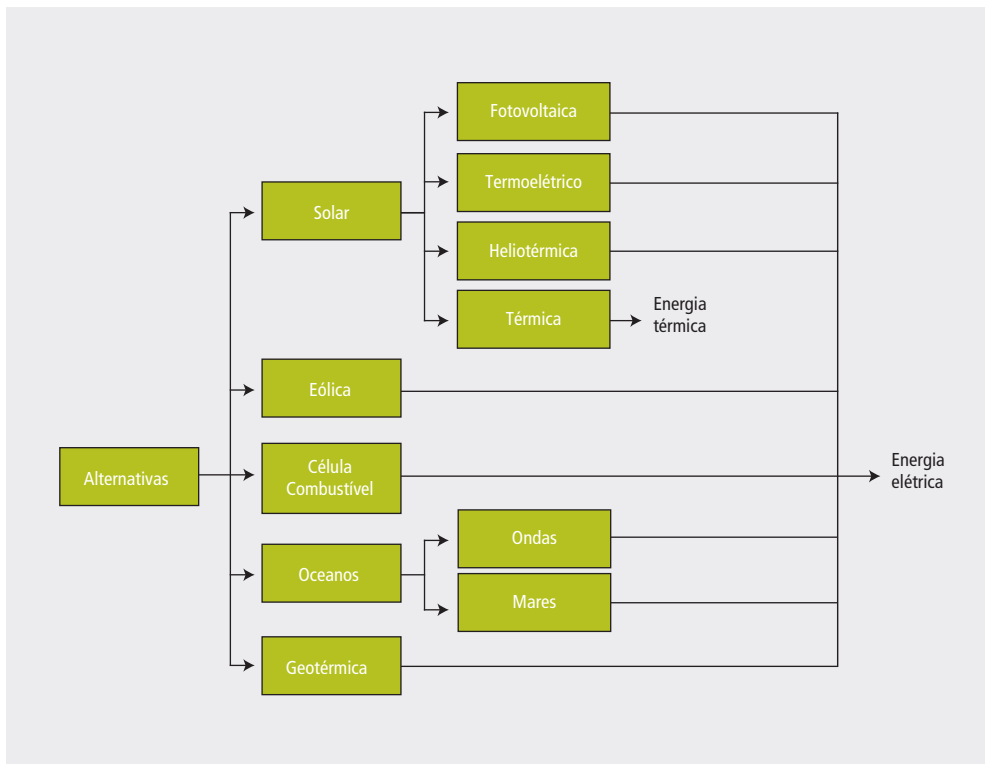
Classificação das centrais	Potência – P (kW)	Queda de projeto - Hd (m)		
		Baixa	Média	Alta
Micro	P < 100	Hd < 15	15 < Hd < 50	Hd > 50
Mini	100 < P < 1.000	Hd < 20	20 < Hd < 100	Hd > 100
Pequenas	1.000 < P < 30.000	Hd < 25	25 < Hd < 130	Hd > 130

Fonte: Diretrizes para Estudos e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas - Eletrobrás.

A indústria nacional de turbinas hidráulicas está apta a fabricar diferentes tipos de turbinas (Pelton, Francis, Hélice e Kaplan e suas derivações como: Bulbo, "S" e Tubular), que cobrem praticamente todo o campo de aplicação das micro, mini e pequenas centrais hidroelétricas.

Centrais Energéticas de fontes Alternativas e Renováveis (CEAR)

As Centrais Energéticas de fontes Alternativas e Renováveis (CEAR) compreendem a utilização de recursos disponíveis na natureza, não provenientes de processos de extração, e que não podem, portanto ter seus estoques esgotados pela exploração humana, para convertê-los em energia elétrica e calor (RODRIGUES, E.A., 2005). A figura seguinte resume as tecnologias empregadas.

Figura 22 – Tecnologias utilizadas nas CEAR's

Fonte: EPE.

• Solar

O aproveitamento da iluminação natural e do calor para aquecimento de ambientes, denominado aquecimento solar passivo, decorre da penetração ou absorção da radiação solar nas edificações, reduzindo-se, com isso, as necessidades de iluminação e aquecimento. Assim, um melhor aproveitamento da radiação solar pode ser feito com o auxílio de técnicas mais sofisticadas de arquitetura e construção.

O aproveitamento térmico para aquecimento de fluidos é feito com o uso de coletores ou concentradores solares. Os coletores solares são mais usados em aplicações residenciais e comerciais (hotéis, restaurantes, clubes, hospitais etc.) para o aquecimento de água (higiene pessoal e lavagem de utensílios e ambientes). Os concentradores solares destinam-se a aplicações que requerem temperaturas mais elevadas, como a secagem de grãos e a produção de vapor. Neste último caso, pode-se gerar energia mecânica com o auxílio de uma turbina a vapor, e, posteriormente, eletricidade, por meio de um gerador.

Além dos processos térmicos descritos acima, a radiação solar pode ser diretamente convertida em energia elétrica, por meio de efeitos da radiação (calor e luz) sobre determinados materiais, particularmente os semicondutores. Entre esses, destacam-se os efeitos termoelétrico e fotovoltaico.

Entre os materiais mais adequados para a conversão da radiação solar em energia elétrica, os quais são usualmente chamados de células solares ou fotovoltaicas, destaca-se o silício. A eficiência de conversão das células solares é medida pela proporção da radiação solar incidente sobre a superfície da célula que é conver-

tida em energia elétrica. Atualmente, as melhores células apresentam um índice de eficiência de 25% (GREEN et al., 2000).

Os maiores potenciais para a utilização da energia solar no Brasil são o aquecimento de água, em substituição a *boillers* e chuveiros elétricos, e a geração fotovoltaica de energia elétrica. No país, o primeiro é mais encontrado nas regiões Sul e Sudeste, devido a características climáticas, e o segundo, nas regiões Norte e Nordeste, em comunidades isoladas da rede de energia elétrica.

As principais barreiras para a adoção da tecnologia fotovoltaica são a baixa eficiência e os altos custos dos painéis. Espera-se que, nos próximos anos, o desenvolvimento da tecnologia venha a minimizar essas barreiras. A utilização de aquecimento solar já é economicamente viável e atraente, especialmente para grandes consumidores, como condomínios, hotéis e hospitais.

- **Eólica**

Denomina-se energia eólica a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). Seu aproveitamento ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores, para a geração de eletricidade, ou cataventos (e moinhos), para trabalhos mecânicos como bombeamento d'água.

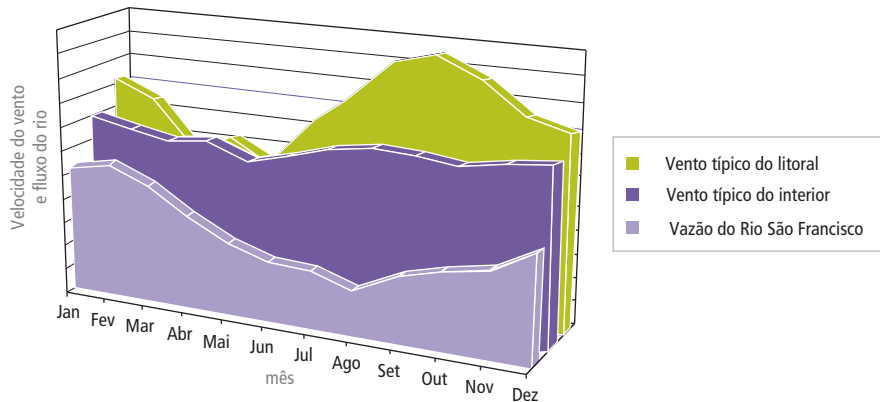
Atualmente, existem mais de 30 mil turbinas eólicas em operação no mundo. Em 1991, a Associação Européia de Energia Eólica estabeleceu como metas a instalação de 4.000 MW de energia eólica na Europa até o ano 2000 e 11.500 MW até o ano 2005, metas estas cumpridas muito antes do esperado (4.000 MW em 1996, 11.500 MW em 2001).

Estima-se que em 2020 o mundo terá 12% da energia gerada pelo vento, com uma capacidade instalada de mais de 1.200GW (WINDPOWER; EWEA; GREENPEACE, 2003; WIND FORCE, 2003).

Recentes desenvolvimentos tecnológicos (sistemas avançados de transmissão, melhor aerodinâmica, estratégias de controle e operação das turbinas etc.) têm reduzido custos e melhorado o desempenho e a confiabilidade dos equipamentos. O custo dos equipamentos, que era um dos principais entraves ao aproveitamento comercial da energia eólica, reduziu-se significativamente nas últimas duas décadas. (EWEA; GREENPEACE, 2003).

Para que a energia eólica seja considerada tecnicamente aproveitável, é necessário que sua densidade seja maior ou igual a 500 W/m^2, a uma altura de 50 m, o que requer uma velocidade mínima do vento de 7 a 8 m/s (GRUBB; MEYER, 1993).

A importância da energia eólica para o país está na possibilidade de complementariedade da oferta de energia elétrica de fonte hídrica através da energia eólica, uma vez que o maior potencial eólico, na região Nordeste, ocorre durante o período de menor disponibilidade hídrica. Como pode ser visto na 00, o período onde existe a menor vazão dos rios é onde ocorre as melhores incidências de vento.

Figura 23 - Vazão do rio São Francisco e comportamento médio do vento na região Nordeste

Fonte: CBEE,2000.

• Célula combustível

As células combustíveis são sistemas eletroquímicos de geração de energia elétrica de grande eficiência e potencial para desenvolvimento, estando presente nos programas de pesquisa de universidades, centros de tecnologia e fabricantes. Computando-se o calor gerado como subproduto utilizado em cogeração pode-se alcançar eficiências de até 85%. A operação silenciosa com baixa emissão de poluentes as torna atraentes para aplicações em geração distribuída.

Basicamente uma célula combustível é similar a uma bateria, ambas funcionando como uma reação eletroquímica sem o uso de combustão. Os principais elementos da célula são o eletrólito e os dois eletrodos porosos - anodo e catodo. No caso geral, o hidrogênio é alimentado através do anodo poroso e, na presença de um catalisador, os elétrons são arrancados do combustível, circulando por um circuito externo. Os íons de hidrogênio remanescentes atravessam o eletrólito em direção ao catodo poroso, onde se combinam com o oxigênio alimentado no catodo, formando H_2O.

Neste processo há grande liberação de calor que pode ser aproveitado de diversas formas. Idealmente, o único produto residual é a água.

Os tipos de células combustíveis correspondem ao tipo de eletrólito utilizado. As célula mais utilizadas são:

- Ácido fosfórico (PAFC);
- Carbonato fundido (MCFC);
- Óxido sólido (SOFC).

A geração distribuída encontra nas células combustíveis uma tecnologia adequada e com custo de produção de energia decrescente. Aparentemente elas terão potencial para revolucionar o mercado de energia elétrica.

As células combustíveis conseguem gerar energia elétrica com eficiência no entorno de 40 %; em cogeração e acopladas a processos esta eficiência pode atingir valores de até 85 %. Atuando como combustor de turbinas de expansão, o conjunto célula-turbina pode atingir eficiências da ordem de 60 % mesmo para potências elétricas baixas.

Uma variação deste conceito de ciclo combinado célula-turbina que está em desenvolvimento e já con-

tando com resultados promissores é aquela que utiliza microturbinas com as chamadas células planas de óxido sólido; trata-se da mesma concepção, isto é, substituição do combustor da turbina pela célula combustível.

A principal barreira para adoção desta tecnologia no país é seu alto custo. Adicionalmente, apesar das pesquisas realizadas no Brasil, não existem fabricantes nacionais. O alto custo limita sua aplicação para a geração de alta qualidade para cargas sensíveis.

• Energia dos oceanos

Sistema de maré-motriz

Sistema de geração de energia elétrica no qual utiliza-se o movimento de fluxo das marés para movimentar uma comporta, que está diretamente ligada a um sistema de conversão, proporcionando assim a geração de eletricidade. As marés servem para gerar eletricidade que é obtida a partir do movimento regular, a cada 12 horas de elevação (fluxo) e abaixamento (refluxo) do nível do mar. As marés são uma conseqüência da atração que a lua e o sol exercem sobre a terra, e é justamente a amplitude das marés, ou seja, a diferença entre o nível da maré alta e da maré baixa, que constitui o fator que possibilita o aproveitamento dessa fonte de energia.

No norte da França, em La Rance, há uma usina maremotriz de 240MW, o Canadá estuda a possibilidade, de uma instalação de vários MW (megawatts) na Fundland Ray, a Grã-Bretanha planeja na costa ocidental, uma usina de 16km de comprimento, que produzirá 7 mil megawatts de eletricidade.

Sistema de energia das ondas

O aproveitamento da energia das ondas é feito empregando, um conjunto de bóias distantes uns poucos quilômetros da costa, em que se transforma o movimento superficial do mar em eletricidade, através de um tipo de equipamento que entra em contato com o fundo do mar. Calculou-se uma potência de 120 mil MW para a costa ocidental da Grã-Bretanha, mais que o atual consumo elétrico britânico. Não se indica prejuízos ambientais causados por tais instalações. No norte da Noruega existe uma instalação desse tipo, em Kvaener-Brug, todas as instalações em funcionamento tem uma potência individual menor que 50KW.

• Outros: efluente gasoso, enxofre, gás de alto forno e gás de processo

O aproveitamento dessas fontes para geração elétrica ocorre, em geral, como uma destinação útil de subprodutos ou rejeitos de processos produtivos energointensivos, representando um ganho de eficiência e/ou uma forma de evitar a emissão de efluentes nocivos ao meio ambiente. Além disso, são termelétricas com importante potencial para cogeração. Existem no País 14 empreendimentos em operação que utilizam as referidas fontes, perfazendo 526,48 MW de capacidade instalada e, outros 6 empreendimentos outorgados (construção não iniciada) que poderão contribuir com 19,82 MW. Esses empreendimentos estão localizados nas regiões Sudeste e Sul.

O uso desses resíduos para geração de energia elétrica é algo que deve ser incentivado, tanto pela emissão de poluentes, quanto pelo potencial de geração e exportação de energia elétrica.

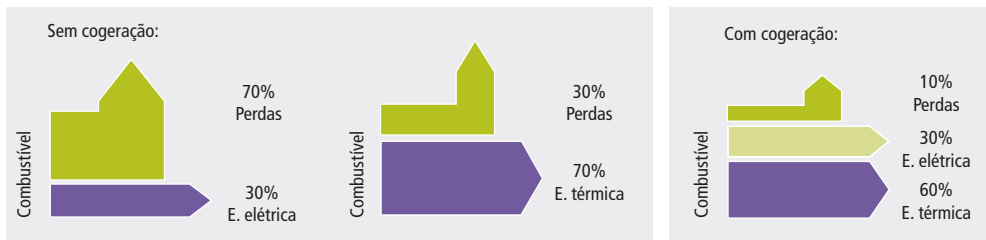
5.3. Cogeração

A geração termelétrica implica necessariamente a produção de calor residual, que pode ser aproveitado, ainda que parcialmente, por meio da cogeração. Essa tecnologia consiste na produção simultânea e seqüencial de calor de processo e potência mecânica e/ou elétrica. Além de opção importante como geração distribuída de energia elétrica, a cogeração é uma forma de racionalização do uso de recursos naturais e de redução de impactos sócio-ambientais negativos, particularmente em decorrência da emissão de gases de efeito estufa.

Além da geração de energia mecânica e elétrica, a recuperação de calor residual pode ser destinada a sistemas de aquecimento de fluidos, climatização de ambientes, geração de vapor, secagem de produtos agrícolas etc.

Um sistema padrão de cogeração consiste basicamente em: Caldeira alimentando uma turbina a vapor, que aciona um gerador elétrico; ou Turbina à gás ou motor de combustão interna, acionando um gerador elétrico e um trocador de calor, que recupera o calor residual e / ou gás de exaustão, para produzir água quente ou vapor.

Desse modo, se gasta até 30% menos do combustível que seria necessário para produzir separadamente calor de geração e de processo e amplia-se a eficiência térmica do sistema, que pode atingir um índice de 90%, conforme ilustra a figura a seguir.

Figura 24 – Perdas na cogeração

Fonte: RODRIGUES,E.A., 2000.

A maior motivação, entretanto, está na possibilidade de utilização de resíduos energéticos do processo produtivo, anteriormente descartados ou subutilizados. Nesses casos, além da redução dos impactos ao meio ambiente, normalmente sujeitos à penalidades, o resíduo passa a ter valor para o empreendedor como combustível, aumentando a rentabilidade do empreendimento.

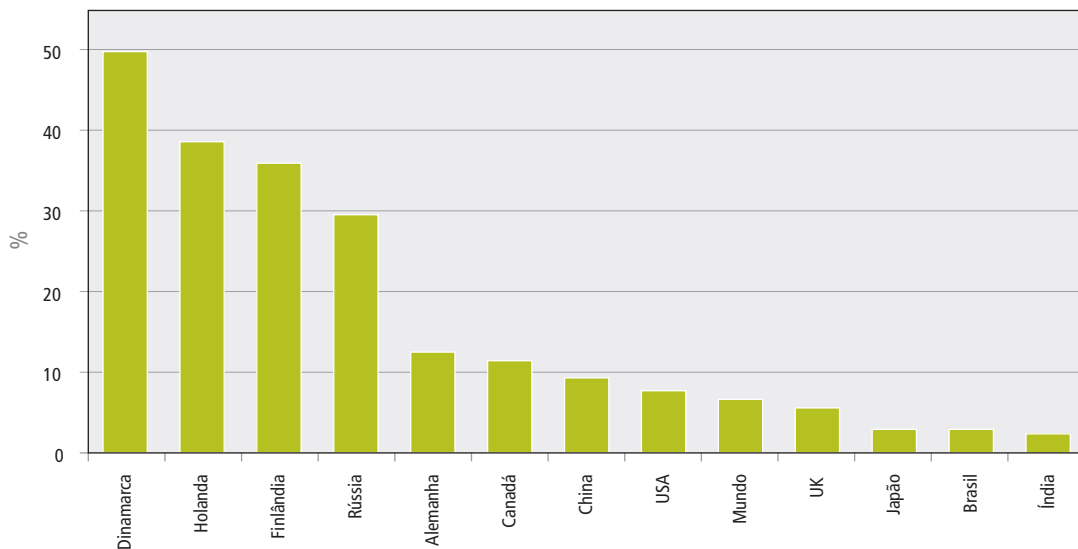
Grandes empresas brasileiras vêm implantando sistemas de cogeração com a utilização do gás natural ou do próprio resíduo industrial.

No Brasil, destaca-se, na utilização da cogeração:

- Sucroalcooleiro: Bagaço de Cana.
- Papel e Celulose: Lixívia, Lenha, Resíduos de Madeira, Liquor Negro.
- Metalurgia: Gás de Alto-Forno, Gás de Coqueria, Gás de Aciaria.
- Petróleo: Gás de Refinaria, Gás Natural, Óleo Combustível.
- Química: Gás de Pirólise, Gás Residual, Gás Natural.

• Outros: Gás Natural, Gás Residual.

Em 2004, a cogeração foi responsável pela oferta de 7,2% da energia elétrica consumida no Brasil (PAIVA, C, 2004). O setor sucroalcooleiro apresentou a maior participação na cogeração, de 27,1%.

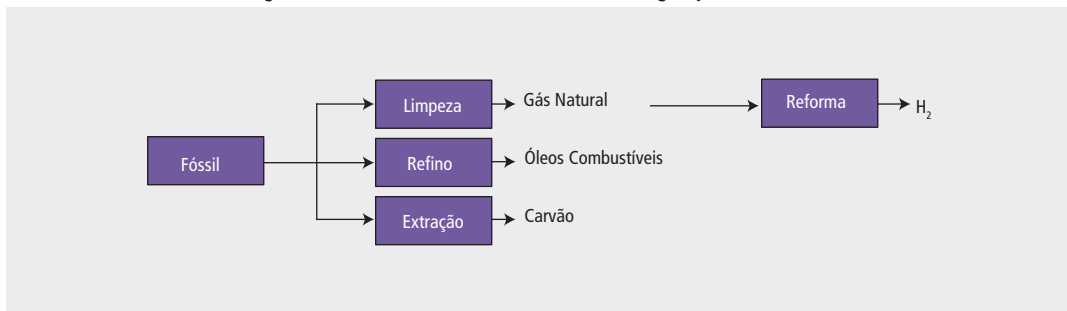
Figura 25 – Participação dos sistemas de cogeração na oferta de eletricidade

Fonte: World Alliance of Decentralized Energy, 2003.

5.3.1. Fontes de energia

Nos processos térmicos de conversão de energia são utilizados basicamente dois tipos de combustíveis: os combustíveis fósseis e os combustíveis renováveis.

Combustíveis fósseis

Um breve resumo sobre os combustíveis fósseis utilizados em Geração Distribuída é apresentado na figura a seguir.

Figura 26 – Combustíveis fósseis utilizados em geração distribuída

Fonte: EPE.

• **Gás natural**

Segundo a Agência Internacional de Energia (2003), a participação do gás natural no consumo mundial de energia é atualmente da ordem de 16,3%, sendo responsável por cerca de 18,3% de toda a eletricidade gerada no mundo.

As restrições de oferta de gás natural, o baixo rendimento térmico das turbinas e os custos de capital relativamente altos foram, durante muito tempo, as principais razões para o baixo grau de difusão dessa tecnologia no âmbito do setor elétrico.

Entre as vantagens da geração termelétrica a gás natural estão o prazo relativamente curto de maturação do empreendimento e a flexibilidade para o atendimento de cargas de ponta. Por outro lado, as turbinas a gás são máquinas extremamente sensíveis às condições climáticas, principalmente em relação à temperatura ambiente, e apresentam também alterações substanciais de rendimento térmico no caso de operação em cargas parciais.

Apesar dos ganhos alcançados no rendimento térmico das turbinas a gás operando em ciclo simples, seu desempenho tem sido prejudicado pela perda de energia nos gases de exaustão. Entre outras tecnologias empregadas na recuperação dessa energia, destaca-se a de ciclo combinado, por meio da geração de vapor e da produção de potência adicional.

Tem-se, assim, uma combinação dos ciclos de turbinas a gás e turbinas a vapor, por meio de trocadores de calor, nos quais ocorre a geração de vapor, aproveitando-se a energia dos gases de exaustão da turbina a gás. Esse processo ainda pode ser melhorado com a queima de combustível suplementar, principalmente quando há disponibilidade de combustíveis residuais.

• **Petróleo**

O petróleo é uma mistura de hidrocarbonetos (moléculas de carbono e hidrogênio) que tem origem na decomposição de matéria orgânica, principalmente o plâncton (plantas e animais microscópicos em suspensão nas águas), causada pela ação de bactérias em meios com baixo teor de oxigênio. É encontrado em bacias sedimentares específicas, formadas por camadas ou lençóis porosos de areia, arenitos ou calcários.

Predominante no setor de transportes, o petróleo ainda é o principal responsável pela geração de energia elétrica em diversos países e é responsável por aproximadamente 7,9% de toda a eletricidade gerada no mundo (PAFFENBARGER, 1997; AIE, 2003).

A geração de energia elétrica a partir de derivados de petróleo ocorre por meio da queima desses combustíveis em caldeiras, turbinas e motores de combustão interna. A utilização de caldeiras e turbinas é similar aos demais processos térmicos de geração e se aplica ao atendimento de cargas de ponta e/ou aproveitamento de resíduos do refino de petróleo.

No Brasil, os principais empregos de sistemas termelétricos a óleo são as seguintes:

- Atendimento da demanda de ponta;
- Provisão de flexibilidade de operação e planejamento;
- Atendimento a sistemas remotos e/ou isolados;
- Provisão de carga básica ou intermediária, quando não há alternativas mais econômicas.

Esses empreendimentos são predominantemente formados por pequenos grupos geradores, destinados ao atendimento de comunidades isoladas da rede elétrica, principalmente na região Norte do País.

• Carvão

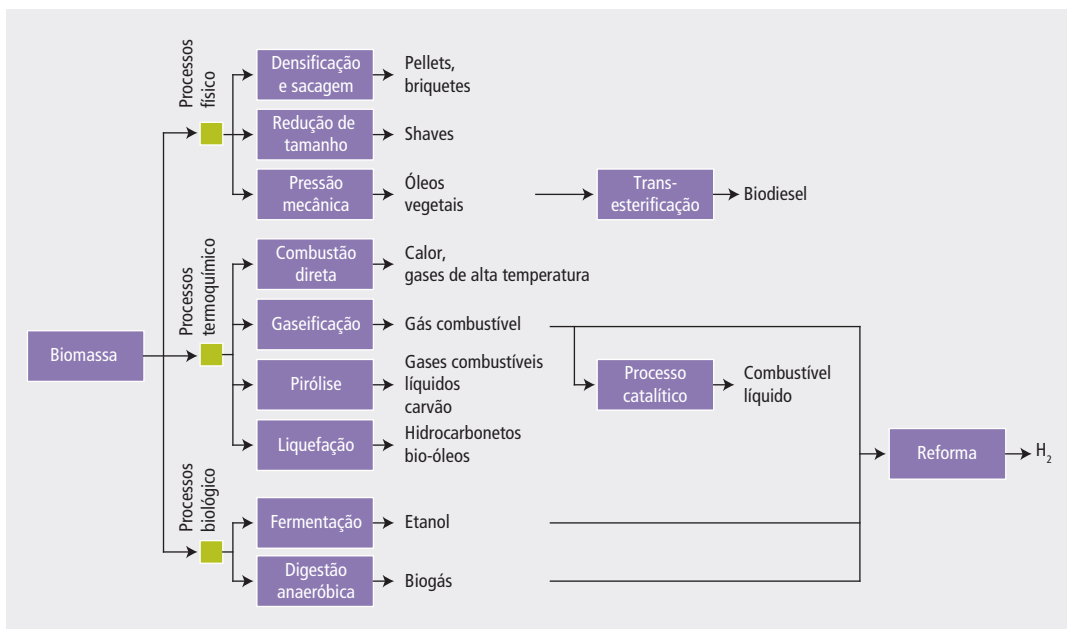
O carvão é uma complexa e variada mistura de componentes orgânicos sólidos, fossilizados ao longo de milhões de anos, como ocorre com todos os combustíveis fósseis. Em termos de participação na matriz energética mundial, segundo o Balanço Energético Nacional (MME, 2005), o carvão é atualmente responsável por cerca de 6,7 % de todo o consumo mundial de energia e de 25 % de toda a energia elétrica gerada. No âmbito mundial, apesar dos graves impactos sobre o meio ambiente, o carvão ainda é uma importante fonte de energia.

As principais razões para isso são as seguintes: i) abundância das reservas; ii) distribuição geográfica das reservas; iii) baixos custos e estabilidade nos preços, relativamente a outros combustíveis.

Combustíveis renováveis

Por combustíveis renováveis, essencialmente entende-se a biomassa e suas diversas formas de aproveitamento.

O aproveitamento da biomassa pode ser feito por meio da combustão direta (com ou sem processos físicos de secagem, classificação, compressão, corte/quebra etc.), de outros processos termoquímicos (gaseificação, pirólise, liquefação e transesterificação) ou de processos biológicos (digestão anaeróbia e fermentação). A Figura 27 apresenta os principais processos de conversão da biomassa em energéticos.

Figura 27 – Diagrama esquemático dos processos de conversão energética de biomassa

Fonte: PERES, S. Modificado.

As principais tecnologias de aproveitamento energético da biomassa são descritas a seguir.

• Combustão direta

Combustão é a transformação da energia química dos combustíveis em calor, por meio das reações dos elementos constituintes com o oxigênio fornecido. Para fins energéticos, a combustão direta ocorre essen-

cialmente em fogões (cocção de alimentos), fornos (metalurgia, por exemplo) e caldeiras (geração de vapor, por exemplo). Embora muito prático e, às vezes, conveniente, o processo de combustão direta é normalmente muito ineficiente. Outro problema da combustão direta é a alta umidade (20% ou mais no caso da lenha) e a baixa densidade energética do combustível (lenha, palha, resíduos etc.), o que dificulta o seu armazenamento e transporte.

• **Gaseificação**

Como o próprio termo indica, gaseificação é um processo de conversão de combustíveis sólidos em gasosos, por meio de reações termoquímicas, envolvendo vapor quente e ar, ou oxigênio, em quantidades inferiores à estequiométrica (mínimo teórico para a combustão). Há vários tipos de gaseificadores, com grandes diferenças de temperatura e/ou pressão. Os mais comuns são os reatores de leito fixo e de leito fluidizado.

O gás resultante é uma mistura de monóxido de carbono, hidrogênio, metano, dióxido de carbono e nitrogênio, cujas proporções variam de acordo com as condições do processo, particularmente se é ar ou oxigênio que está sendo usado na oxidação. A gaseificação de biomassa, no entanto, não é um processo recente. Atualmente, esse renovado interesse deve-se principalmente à limpeza e versatilidade do combustível gerado, quando comparado aos combustíveis sólidos. A limpeza se refere à remoção de componentes químicos nefastos ao meio ambiente e à saúde humana, entre os quais o enxofre. A versatilidade se refere à possibilidade de usos alternativos, como em motores de combustão interna e turbinas a gás. Um exemplo é a geração de eletricidade em comunidades isoladas das redes de energia elétrica, por intermédio da queima direta do gás em motores de combustão interna (SANCHEZ; LORA; GÓMEZ, 1997). Outra vantagem da gaseificação é que, sob condições adequadas, produz gás sintético, que pode ser usado na síntese de qualquer hidrocarboneto.

• **Pirólise**

A pirólise ou carbonização é o mais simples e mais antigo processo de conversão de um combustível (normalmente lenha) em outro de melhor qualidade e conteúdo energético (carvão, essencialmente). O processo consiste em aquecer o material original (normalmente entre 300°C e 500°C), na “quase-ausência” de ar, até que o material volátil seja retirado. O principal produto final (carvão) tem uma densidade energética duas vezes maior que aquela do material de origem e queima em temperaturas muito mais elevadas. Além de gás combustível, a pirólise produz alcatrão e ácido piro-lenhoso. Nos processos mais sofisticados, costuma-se controlar a temperatura e coletar o material volátil, visando melhorar a qualidade do combustível gerado e o aproveitamento dos resíduos. Nesse caso, a proporção de carvão pode chegar a 30% do material de origem. Embora necessite de tratamento prévio (redução da acidez), o líquido produzido pode ser usado como óleo combustível.

Nos processos de pirólise rápida, sob temperaturas entre 800°C e 900°C, cerca de 60% do material se transforma num gás rico em hidrogênio e monóxido de carbono (apenas 10% de carvão sólido), o que a torna uma tecnologia competitiva com a gaseificação. Todavia, a pirólise convencional (300°C a 500°C) ainda é a tecnologia mais atrativa, devido ao problema do tratamento dos resíduos, que são maiores nos processos com temperatura mais elevada (RAMAGE; SCURLOCK, 1996).

A pirólise pode ser empregada também no aproveitamento de resíduos vegetais, como subprodutos de processos agroindustriais. Nesse caso, é necessário que se faça a compactação dos resíduos, cuja matéria-

prima é transformada em briquetes. Com a pirólise, os briquetes adquirem maiores teores de carbono e poder calorífico, podendo ser usados com maior eficiência na geração de calor e potência.

• Digestão anaeróbia

A digestão anaeróbia, assim como a pirólise, ocorre na ausência de ar, mas, nesse caso, o processo consiste na decomposição do material pela ação de bactérias (microrganismos acidogênicos e metanogênicos). Trata-se de um processo simples, que ocorre naturalmente com quase todos os compostos orgânicos. O tratamento e o aproveitamento energético de dejetos orgânicos (esterco animal, resíduos industriais etc.) podem ser feitos pela digestão anaeróbia em biodigestores, onde o processo é favorecido pela umidade e aquecimento. O aquecimento é provocado pela própria ação das bactérias, mas, em regiões ou épocas de frio, pode ser necessário calor adicional, visto que a temperatura deve ser de pelo menos 35°C. Em termos energéticos, o produto final é o biogás, composto essencialmente por metano (50% a 75%) e dióxido de carbono. Seu conteúdo energético gira em torno de 5.500 kcal por metro cúbico. O efluente gerado pelo processo pode ser usado como fertilizante.

• Fermentação

Fermentação é um processo biológico anaeróbio em que os açúcares de plantas como a batata, o milho, a beterraba e, principalmente, a cana de açúcar são convertidos em álcool, por meio da ação de microrganismos (usualmente leveduras). Em termos energéticos, o produto final, o álcool, é composto por etanol e, em menor proporção, metanol, e pode ser usado como combustível (puro ou adicionado à gasolina – cerca de 20%) em motores de combustão interna.

• Transesterificação

Transesterificação é um processo químico que consiste na reação de óleos vegetais com um produto intermediário ativo (metóxido ou etóxido), oriundo da reação entre álcoois (metanol ou etanol) e uma base (hidróxido de sódio ou de potássio) (RIBEIRO et al., 2001).

Os produtos dessa reação química são a glicerina e uma mistura de ésteres etílicos ou metílicos (biodiesel). O biodiesel tem características físicoquímicas muito semelhantes às do óleo diesel e, portanto, pode ser usado em motores de combustão interna, de uso veicular ou estacionário.

Outros combustíveis - hidrogênio

O hidrogênio é o mais simples e mais comum elemento do Universo. Ele compõe 75% da massa do Universo e 90% de suas moléculas. No planeta Terra, compõe aproximadamente 70% da superfície terrestre.

No seu estado natural e sob condições ambientes de temperatura e pressão, o hidrogênio é um gás incolor, inodoro, insípido e muito mais leve que o ar. Ele também pode estar no estado líquido, ocupando um espaço 700 vezes menor do que se estivesse em forma de gás mas, para isso, precisa estar armazenado numa temperatura de –253 ºC, em sistemas de armazenamento conhecidos como “sistemas criogênicos”. Acima desta temperatura, o hidrogênio não pode ser liquefeito, mas pode ser armazenado em forma de gás comprimido em cilindros de alta pressão.

Apesar de abundante, o hidrogênio não é uma forma primária de energia, visto não existir em estado

livre, em quantidade apreciável. Obter hidrogênio significa extraí-lo de alguma substância natural com a intervenção de alguma fonte primária de energia. Em qualquer conversão há perdas relacionadas com a fuga de energia do sistema, avaliada pela Lei de Conservação, e com a dissipação, forma de perda descrita pela Lei da Entropia, de aplicação mais sutil. A conversão se justifica, em geral, pela maior comodidade ou segurança de uso, pela melhor qualidade da produção e pela diminuição de danos imediatos ao ambiente.

O custo da forma secundária é necessariamente superior ao da forma primária correspondente, de maneira que baixar o custo de obtenção da forma secundária significa aproxima-lo do custo da forma original de energia. Portanto, a introdução de uma tecnologia de conversão nova, como no caso do hidrogênio, deve ser precedida de estudos sobre os benefícios e custos atuais e futuros da novidade.

O hidrogênio pode ser liberado por vários processos, como o de reação de vapor d`água com coque de carvão mineral, ou carvão vegetal, da qual resulta a mistura de hidrogênio (H_2) e monóxido de carbono (CO), conhecida como gás d´água; em uma segunda reação, o monóxido reage com o vapor, em presença de catalisador, liberando mais hidrogênio e dióxido de carbono (CO_2) que é absorvido juntamente com impurezas. Outra rota é a chamada reforma do gás natural, consistindo na reação deste com vapor d`água a alta temperatura e em presença de catalisador. A terceira via é a eletrólise da água, na qual o hidrogênio e o oxigênio são separados pela passagem de corrente elétrica por uma solução de ácido, base ou sal.

A eletrólise tem sido a rota preferida para a obtenção de hidrogênio de alta pureza, sem a liberação concomitante de compostos do carbono, satisfazendo assim os requisitos ambientais. Para usos industriais não se exige elevado grau de pureza, sendo a reforma do gás natural, de hidrocarbonetos, em geral, e de outras substâncias orgânicas, principalmente de álcoois, é uma opção conveniente.

As misturas dos gases hidrogênio e oxigênio são inflamáveis, até mesmo explosivos, dependendo da concentração. Quando queimado com oxigênio puro, os únicos sub-produtos são o calor e a água. Quando queimado com ar, constituído por cerca de 68% de nitrogênio e 21% de oxigênio, alguns óxidos de nitrogênio (NOX) são formados. Ainda assim, a queima de hidrogênio com ar produz menos poluentes atmosféricos que os combustíveis fósseis (petróleo, carvão).

Atualmente, a maior parte do hidrogênio produzido no mundo é utilizado como matéria-prima na fabricação de produtos como os fertilizantes, na conversão de óleo líquido em margarina, no processo de fabricação de plásticos e no resfriamento de geradores e motores.

■ 5.3.2. Expectativas para o potencial brasileiro para geração distribuída e cogeração

O potencial brasileiro de Geração Distribuída pode ser analisado por dois diferentes aspectos: pela oportunidade intrínseca aos processos produtivos dos setores da economia ou pela disponibilidade de fontes energéticas disponíveis.

Biomassa

Em setembro de 2003, havia registro de 217 termelétricas a biomassa em operação no Brasil (ANEEL), perfazendo uma capacidade instalada de 2.696 MW. A grande maioria das termelétricas a biomassa em operação no Brasil estão localizadas no Estado de São Paulo, onde se concentra grande parte do setor sucroalcooleiro do país. A energia elétrica produzida é estimada em 3% da energia total,, sendoque aproximadamente 41% seriam produzidos a partir da cogeração no setor sucro-alcooleiro, 29% no setor de papel e celulose e 30% em

diversas unidades utilizando resíduos agrícolas (CT-ENERG).

Resíduos agrícolas

Os resíduos agrícolas de plantas e animais fornecem uma significante quantidade de energia em vários países, perdendo apenas para a biomassa como combustível.

Resíduos de madeira

As madeireiras são uma grande fonte de resíduos de madeira, como pó-de-serra, cavaco e restos dos cortes das árvores (galhos, cascas). O uso de resíduos de floresta para produção de vapor para aquecimento ou geração de energia vem aumentando de interesse comercial em vários países. Nos Estados Unidos há termelétricas gerando mais de 9 GW utilizando biomassa como matéria-prima. Na Suécia, a biomassa fornece mais que 15% da energia primária, os resíduos de floresta e da indústria madeireira contribuem com mais de 200 PJ por ano, principalmente em plantas de cogeração.

Resíduos animais

A combinação da geração de grandes quantidades de resíduos e controle ambiental cada vez mais restritivo para controle do odor e poluição da água por rejeitos animais está forçando os fazendeiros a investir em digestão anaeróbica como forma de gerenciamento de dejetos. O biogás produzido num biodigestor pode ser utilizado para produção de calor e energia elétrica ou ambos. Esta tecnologia simples poderá ser capaz de tornar auto-suficientes as instalações em fazendas e promover a geração distribuída de forma eficiente. Um projeto de utilização do biogás pode ser utilizado para geração de energia elétrica utilizando grupos geradores adaptados para utilização de gás pobre e o sistema de resfriamento a água do motor pode ser utilizado para fornecer calor ao biodigestor. Os dejetos provenientes de gado bovino, suíno e da avicultura são os mais comuns na Europa e no Brasil. Apesar de apenas parte destas matérias-primas sejam economicamente viáveis em termos de teor de energia, o biogás pode ser gerado como um sub-produto do sistema de gestão de resíduos por digestão anaeróbica.

Pequenos biodigestores são utilizados largamente na China e na Índia. A expansão rápida de utilização de biodigestores na China através de um programa nacional entre os anos 60 e 70, resultaram na construção de mais de 7 milhões de biodigestores, porem mais de metade deles deixou de funcionar devido as construções mal projetadas e mal construídas. Atualmente, os biodigestores voltaram a ser construídos no sul e no oeste da China, e também nas fazendas da Índia.

Outra opção para extração de energia dos dejetos animais é a queima direta dos resíduos. Desta forma, os dejetos da avicultura que possui um teor baixo de umidade, podem ser utilizados para este fim. Na Inglaterra, os resíduos da avicultura são utilizados para geração de 12,5 MW em Eye, em Sulffolk, na Inglaterra. Esta instalação entrou em operação em 1992. Segundo Arnold (1993) uma galinha produz resíduos, ao longo se sua vida, capazes de gerar um watt médio. Maiores estudos precisam ser realizados para dimensionar a capacidade de geração de energia a partir dos resíduos da avicultura no Brasil, que é um dos maiores produtores mundiais.

Bagaço de cana de açúcar

Existem, no Brasil, 308 usinas de açúcar e álcool em operação, com um processamento médio de 1 milhão

de toneladas de cana por usina. Cada tonelada de cana produz, em média, aproximadamente 150 kg de açúcar, 140 kg de palha (matéria seca) e entre 28 e 30% de bagaço com 50% de umidade, resultando em aproximadamente entre 140 a 150 kg de matéria seca.

A energia consumida por uma usina de açúcar, por tonelada de cana processada, é da ordem de 12 kWh em energia elétrica, 16 kWh de energia mecânica e 330 kWh de energia térmica. Essas demandas são supridas a partir da queima do bagaço em caldeiras, gerando vapor e energia elétrica, processo realizado de forma ineficiente, de modo a não haver sobra de bagaço, uma vez que, só recentemente este passou a ter importância comercial, como combustível. A grande maioria das usinas e destilarias de açúcar não utilizam a palha como combustível para cadeiras.

Menos de 10 % das usinas de açúcar e destilarias nacionais exportam eletricidade.

Para aumentar a capacidade de geração de energia pela indústria da cana-de-açúcar, quatro alternativas são sugeridas:

• Eficientização do fluxo térmico (consumo de energia térmica) e otimização da combustão do bagaço, consumindo apenas o necessário;

• Utilização de ponta de cana e palha como combustível, matéria orgânica com pouca umidade, normalmente desperdiçada;

• Secagem do bagaço para redução da umidade antes de entrar na caldeira, melhorando o seu poder calorífico, inversamente proporcional ao teor de umidade do mesmo;

• Utilização de caldeiras mais eficientes, gerando vapor à pressão e temperatura mais elevadas e a substituição das turbinas a vapor de um estágio, com um baixo rendimento isentrópico, por turbinas de multi-estágios mais eficientes.

As barreiras para a adoção dessas medidas encontram-se na necessidade de investimentos em tecnologia e na cultura secular da queima da cana em campo, para facilitar a colheita manual, especialmente na região Nordeste, cujas áreas de plantio estão em terrenos tipicamente muito acidentados, o que dificulta ou impossibilita a colheita mecanizada.

Outro fator relevante é que a sazonalidade da safra de cana dificulta a produção contínua de energia elétrica, uma vez que, além da falta do combustível (bagaço), os arranjos de cogeração são projetados para atender prioritariamente as demandas térmicas do processo industrial, desativado fora do período da safra. Operando apenas na geração de energia elétrica, a eficiência do sistema cai consideravelmente, o que torna a viabilidade da utilização de combustíveis alternativos algo a ser estudado caso a caso.

Casca de arroz

A casca de arroz é um dos resíduos agrícolas mais comuns no mundo. Gaseificadores de casca de arroz vem sendo operado com sucesso na Indonésia, China e Mali [14].

Segundo Amado, energeticamente 500 kg de casca de arroz equivalem a 1 barril de petróleo (159 litros ou 138 kg de petróleo). O poder calorífico inferior da casca de arroz é de 13,4 MJ/kg. Sendo utilizada racionalmente, a casca poderia utilizar toda energia térmica necessária ao engenho de beneficiamento do arroz (AMATO,G.W., 2005).

A produção brasileira é de 13,4 milhões de toneladas de arroz. Considerando que a casca representa 22% em massa do arroz, há uma produção aproximada de 2,95 milhões de toneladas em casca [19]. Cálculos efe-

tuados no POLICOM, Laboratório de Combustíveis e Energia da Universidade de Pernambuco, nos quais considerou-se um ciclo térmico com rendimento de 25 %, seja em queima-direta ou gaseificação, verificou-se que esta casca poderia fornecer aproximadamente 9.875.125 GJ de energia, ou seja, equivalente a uma produção contínua de 313 MW médios. Porém, nem toda esta energia poderia ser ofertada ao mercado de energia elétrica, pois, as usinas de beneficiamento de arroz necessitam de grande quantidade de energia térmica para secagem do arroz.

Resíduos sólidos urbanos (RSU) - gás de aterro

Uma grande parte dos resíduos sólidos municipais (RMS) é matéria orgânica, e a sua disposição em aterros sanitários de grande altura do talude fornece as condições ideais para digestão anaeróbica. Como a matéria orgânica que é depositada no aterro é bastante variada, a decomposição da matéria orgânica é mais lenta que num biodigestor, podendo chegar a vários anos. O produto da degradação dos RMS é o gás de aterro, constituído principalmente de CH_4 e CO_2. Segundo a Agencia de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), as emissões de gás de aterro são altamente poluidoras e causadores de aquecimento Global e propôs diretrizes específicas para aterros pré-existentes e padrões de performance de aterros a partir de 1991, através do Decreto do Ar Limpo (Clean Air Act). (COELHO, 2000).

Teoricamente, durante o período de vida útil do aterro, a produção de gás pode variar de 150 a 300 m^3 por tonelada de resíduo, sendo que a proporção de metano chega entre 50 e 60 %, por volume. Logo, o potencial de energia de um aterro sanitário pode variar de 2.400 MJ a 4.800 MJ por tonelada de resíduo.

A recuperação do gás de aterro é bastante complexa para grandes áreas, exigindo uma cobertura impermeável para que as condições ideais para a digestão anaeróbica aconteçam. No desenvolvimento do aterro para geração de energia, o gás de aterro deve ser coletado por um arranjo de drenos de gás verticais e horizontais, que são interconectados e podem ir a profundidades de até 20 m. Em instalações modernas, como no aterro dos Bandeirantes em São Paulo, há uma geração de 20 MW de energia elétrica, utilizando grupos moto-geradores.

O gás de aterro apesar de ser um dos subprodutos indesejáveis dos aterros e lixões e ser um dos mais potentes gases do efeito estufa, é um gás combustível de alto poder energético, devido à alta concentração do metano na sua constituição. A produção do gás de aterro, e do metano, depende de uma série de fatores que assegurem a sobrevivência dos microrganismos metanogênicos. As características construtivas e a idade do aterro, o tipo e a quantidade de lixo depositado e o percentual de material orgânico influenciam de sobremaneira a composição e o volume do gás gerado. Outros fatores importantes são as condições climáticas e a precipitação local. A EPA sugere um fator de geração de 0,17 m^3 de gás de aterro por quilo de resíduo depositado. Porém, é recomendado que se faça a medição local da quantidade gerada no aterro através da medição de vazão nos drenos de gases. É recomendada, também, a análise cromatográfica dos gases para avaliar o potencial energético dos mesmos.

O emprego mais comum do gás de aterro e a geração de energia utilizando grupos geradores. O gás de aterro pode ser utilizado como substituto do gás natural ou do GLP em situações de geração de energia térmica ou elétrica.

O sistema de geração de energia possui três componentes básicos: o sistema de coleta e de limpeza dos gases, e o sistema de geração de energia.

No caso de utilização como combustível em grupos geradores, estes podem ser de pequeno porte como motores de ciclo Otto adaptados para utilização com gás pobre; ciclo Rankine, no qual se utiliza o gás de aterro como combustível para caldeiras, gerando vapor para acionamento de turbinas a vapor; e como combustível para turbinas a gás. A seleção do tipo de instalação de geração de energia vai depender da quantidade e do poder energético do gás gerado.

Portanto, para a elaboração de projetos de recuperação do gás metano para geração de energia são necessários a execução de um estudo de viabilidade técnico-econômica , no qual deve ser verificado o projeto de construção do aterro sanitário (ou transformação dos lixões em aterros), a quantidade de resíduos depositada diariamente, o tempo de operação do aterro, tempo de vida útil do aterro, determinação da quantidade, composição química e poder calorífico do gás de aterro gerado. A partir destes dados, poderá ser verificado dimensionada a planta de geração de energia, levando-se em consideração se há gás suficiente para a mesma.

Nos Estados Unidos, as plantas de geração de energia através do gás de aterro, vendem a energia em torno de US$ 56,00/MWh, com uma variação de preços real entre US$ 2 e US$ 11 por MWh em média.

Potencial de geração de energia utilizando gás de aterro no Brasil:

- Geração de Resíduos diários = 87.349 mil toneladas/dia (Fonte: CETESB);
- Produção de gás de aterro = 0,17 m^3/kg (EPA);
- Potencial de geração de gás = 14.849.330 m^3/dia = 618.722 m^3/h = 171.8 m^3/s;
- Teor de metano no gases de aterro = 60%;
- Poder Calorífico do Metano = 32 MJ/m^3;
- Poder Calorífico do gás de aterro = 19 MJ/m^3;
- Taxa de conversão combustível em eletricidade = 25% (conservador);
- Potencial de Geração de Energia = 816 MW (caso todo o lixo gerado fosse utilizado para produção de gás).

Porém, fato de a lei prever a compra da energia pela Eletrobrás, não garante que o valor pago vai proporcionar o retorno do investimento, só sendo viável a geração de energia usando biogás em grandes aterros e com outros projetos associados ao empreendimento, como o de venda de crédito de carbono (CEPEL).

Tabela 18 – Geração de RSU no Brasil (2000)

Classificação	População	Kg/habitante/dia	Tonelada/dia	%
Até 100 mil ha	84.433.133	0,4	33.773	38
100 e 200 mil ha.	16.615.355	0,5	8.308	10
200 e 500 mil ha.	22.040.778	0,6	13.224	15
Acima de 500 mil ha.	45.777.000	0,7	32.044	37
Total	**168.866.266**	**0,52**	**87.349**	**100**

Fonte: CETESB, 2001, e Censo IBGE, 2001.

Portanto, se for considerada apenas a Região metropolitana das cidades com população acima de 500 mil habitantes, que depositam diariamente cerca de 32.044 toneladas de lixo, o potencial de geração de energia se reduz a aproximadamente 300 MW (FEALQ, MMA, 2000).

Existe a possibilidade de negociação de créditos de carbono para a viabilização da central termelétrica. Geração de créditos de carbono pela conversão do CH_4 em CO_2 = 20 vezes a quantidade de CH_4

Os custos de instalação da planta de geração de energia de gás de aterro são de aproximadamente US$ 1000/kW. Tendo uma vida útil de 15 anos, com um prazo de instalação de 12 meses. O custo do combustível

é ZERO, Custo de O & M é de US$ 7,13/MWh, e contribui ainda pela não emissão de gases do efeito estufa. As emissões evitadas dos gases de efeito estufa são da ordem de 6,3 toneladas de CO2 por MWh [24].

Solar

O aproveitamento da energia gerada pelo Sol, inesgotável na escala terrestre de tempo, tanto como fonte de calor quanto de luz, é hoje, sem sombra de dúvidas, uma das alternativas energéticas mais promissoras para enfrentarmos os desafios do novo milênio. E quando se fala em energia, deve-se lembrar que o Sol é responsável pela origem de praticamente todas as outras fontes de energia. Em outras palavras, as fontes de energia são, em última instância, derivadas da energia do Sol. Existem no país 109 empreendimentos outorgados de energia solar fotovoltaica (4.691.943 kW), 14 em operação (186.850 kW) e 1 em construção (50.000 kW). (fonte BIG – Banco de Informações da Geração. ANEEL, 2006).

Um dos fatores que impossibilitava a utilização da energia solar fotovoltaica em larga escala era o alto custo das células fotovoltaicas. As primeiras células foram produzidas com o custo de US$ 600,00/W para o programa espacial. Com a ampliação dos mercados e várias empresas voltadas para a produção de células fotovoltaicas, o preço tem reduzido ao longo dos anos podendo ser encontrado hoje, para grandes escalas, o custo médio de US$ 8,00/W.

Atualmente, os sistemas fotovoltaicos vêm sendo utilizados em instalações remotas possibilitando vários projetos sociais, agro-pastoris, de irrigação e comunicações. As facilidades de um sistema fotovoltaico tais como modularidade, baixos custos de manutenção e vida útil longa, fazem com que sejam de grande importância para instalações em lugares desprovidos da rede elétrica.

Outra forma de coletar a energia solar são as usinas heliotérmicas, em que não se utiliza o efeito fotovoltaico para converter a radiação emanada do Sol em eletricidade. Neste caso, o fator central é o calor, e a usina opera coletando, transportando, armazenando e convertendo calor em eletricidade. Existem três tecnologias principais para essa tarefa: cilindro parabólico, torre central e disco parabólico.

Como a exploração da energia solar com a tecnologia heliotérmica exige alta incidência de irradiação solar e baixos índices pluviométricos (ausência de nuvens), no Brasil o potencial existente se restringe ao semi-árido, ou seja, à região Nordeste, apenas 10% do território nacional. Ainda assim, poderia beneficiar uma população de cerca de 20 milhões de pessoas.

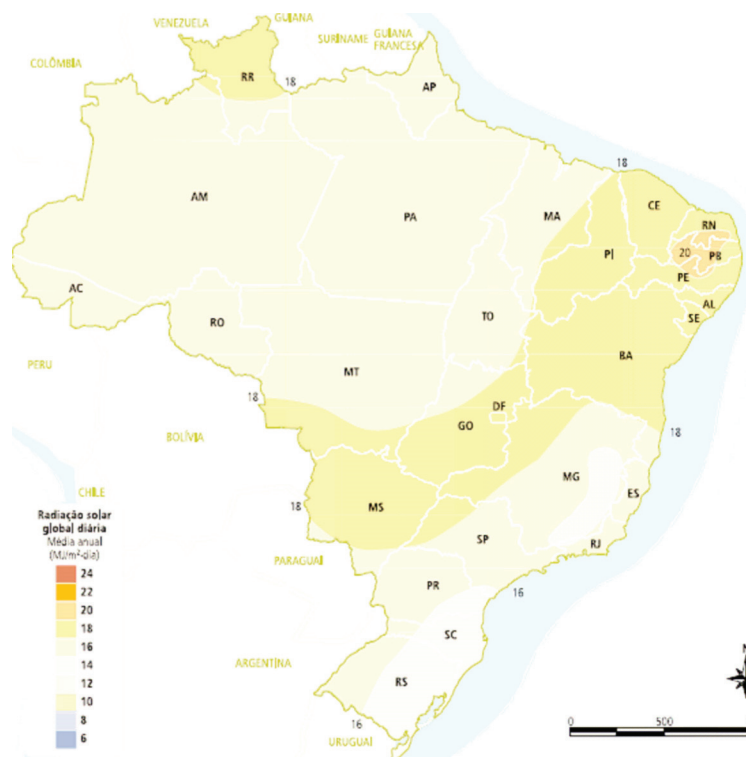
Figura 28 – Radiação solar global diária - média anual típica (MJ/m².dia)

Fonte: UFPE, 2000.

Tabela 19 – Sistemas fotovoltaicos instalados pelo PRODEEM

Fases	Energéticos			Iluminação pública			Bombeamento			Totalização		
	Qtd. (A)	Pot. KWp (B)	Total US$ 1mil (C)	Qtd. (D)	Pot. KWp (E)	Total US$ 1mil (F)	Qtd. (G)	Pot. KWp (H)	Total US$ 1mil (I)	Qtd. (J)=A+D+G	Pot. KWp (L)=B+E+H	Total US$ 1mil (M)=C+F+I
Fase I	190	87	526	137	7	76	54	78	480	381	172	1.082
Fase II	387	195	1.621	242	17	197	179	213	1.635	808	425	3.453
Fase III	843	526	3.495	0	0	0	224	165	1.173	1.067	691	4.668
Emerg.	0	0	0	0	0	0	800	235	2.221	800	235	2.221
Fase IV	1.660	972	5.456	0	0	0	1.240	457	4.569	2.900	1.429	10.025
Fase V	3.000	2.160	15.801	0	0	0	0	0	0	3.000	2.160	15.801
Total	**6.080**	**3.940**	**26.899**	**379**	**24**	**273**	**2.497**	**1.148**	**10.078**	**8.956**	**5.112**	**37.250**

Eólica

Segundo a Organização Mundial de Meteorologia, em apenas 13% da superfície terrestre o vento apresenta velocidade média igual ou superior a 7 m/s, a uma altura de 50 m. Mesmo assim, estima-se que o potencial eólico bruto mundial seja da ordem de 500.000 TWh por ano. Devido, porém, a restrições socioambientais, apenas 53.000 TWh (cerca de 10%) são considerados tecnicamente aproveitáveis. Ainda assim, esse potencial líquido corresponde a cerca de quatro vezes o consumo mundial de eletricidade.

Embora ainda haja divergências entre especialistas e instituições na estimativa do potencial eólico brasileiro, vários estudos indicam valores extremamente consideráveis. Até poucos anos, as estimativas eram da ordem de 20.000 MW. Hoje a maioria dos estudos indica valores maiores que 60.000 MW. Essas divergências decorrem principalmente da falta de informações (dados de superfície) e das diferentes metodologias empregadas.

No Brasil, a participação da energia eólica na geração de energia elétrica ainda é pequena. Em setembro de 2003 havia apenas 6 centrais eólicas em operação no País, perfazendo uma capacidade instalada de 22.075 kW. Entre essas centrais, destacam-se Taíba e Prainha, no Estado do Ceará, que representam 68% do parque eólico nacional.

Em dezembro de 2006, havia registro de 109 empreendimentos eólicos outorgados pela ANEEL, que poderão agregar ao sistema elétrico nacional cerca de 4.700 MW. Atualmente existem 15 eólicas operando no Brasil com potência total de 236 MW.

Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH)

Existem no Brasil 270 PCH´s em operação (1.435.963 kW), responsáveis por 1,49 % da potência instalada do país. Outras 42 estão em construção (673.685 kW) e 215 foram outorgadas (3.393.431 kW) até 2005 (fonte BIG – Banco de Informações da Geração. ANEEL, 2006).

As Micro e Mini PCH´s são cadastradas na ANEEL como Centrais de Geração Hidrelétrica – CGH. Existem no Brasil 201 CGH´s em operação (105.772 kW), responsáveis por 0,11 % da potência instalada do país. Outra está em construção (848 kW) e 61 foram outorgadas (40.901 kW) até 2005 (fonte BIG – Banco de Informações da Geração. ANEEL, 2006).

Por setor da economia

- **Setor industrial - açúcar e álcool**

O setor sucro-alcooleiro merece um tratamento especial em decorrência de já mostrar hoje uma geração significativa de excedentes de eletricidade. A estimativa do potencial de excedentes de energia elétrica em cogeração que podem ser disponibilizados pelo Setor Sucro-alcooleiro ao Sistema Interligado envolve uma série de variáveis e pressupostos, devendo ser construída por etapas.

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, seguido pela Índia e pela Austrália. Em média, 52% dessa produção destinou-se às fábricas de etanol (anidro e hidratado) e 48% às de açúcar. A cultura espalha-se pelo Centro-Sul e pelo Norte-Nordeste do país, em dois períodos de safra, ocupando 2,4% da área agricultável do solo brasileiro, perto de 5,5 milhões de hectares (UNICA, 2004).

Na região Norte-Nordeste a safra ocorre entre os meses de setembro e março; na região Centro-Sul, desenvolve-se entre maio e novembro. A cultura canavieira da região Centro-Sul representa cerca de 85% da produção brasileira e está compreendida entre os estados de São Paulo, Paraná, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Rio de Janeiro e Espírito Santo.

Responsáveis pelos 15% restantes da produção de cana-de-açúcar, na Região Nordeste estão à frente os estados de Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Sergipe, Rio Grande do Norte e Bahia.

Das 320 unidades processadoras de cana-de-açúcar na safra 2003/2004, 226 situam-se no Centro-Sul, divididas em usinas (apenas açúcar), usinas com destilarias anexas (açúcar e álcool) e destilarias autônomas (apenas álcool).

O processo de produção de energia elétrica (cogeração) consiste na queima do bagaço de cana, que produz vapor de alta pressão e alta temperatura para alimentar turbo-geradores de energia elétrica. Parte desse vapor pode ser extraída a uma pressão menor, para acionamento das moendas e outros equipamentos. Os sistemas mais comuns empregam turbinas de contrapressão, nas quais a geração de energia elétrica segue as variações da demanda de vapor de processo (na operação em paridade térmica, que é mais usual), o que faz com que os eventuais excedentes de eletricidade para comercialização sejam muitas vezes encarados como energia interruptível. Nesses sistemas, a produção de energia elétrica excedente requer a substituição parcial dos equipamentos existentes ou a ampliação da instalação. São possíveis acréscimos substanciais na capacidade instalada, com a elevação dos níveis de pressão do vapor gerado, de algumas caldeiras ou de todo o parque de geradores de vapor, para valores na faixa entre 4,2 Mpa ou 6,2 Mpa.

Se a elevação da pressão do vapor gerado ocorrer com a manutenção de algumas turbinas existentes, o sistema de vapor das usinas ficará mais complexo, com uma configuração em cascata, com pelo menos um nível de pressão intermediária entre a de geração e a de processo. Em alguns casos opta-se pela uniformização da geração de vapor a uma pressão moderada, em geral não superior a 3,2 Mpa. Já em outras situações opta-se por arranjos em cascata que podem evoluir, com o passar do tempo, até a configuração de sistemas com toda a geração a mais alta pressão, na faixa de 4,2 a 8,0 Mpa.

Quando o objetivo é adequar a instalação para a produção e venda de eletricidade excedente em larga escala, a solução recomendada é a utilização de turbinas de extração-condensação de controle automático, que tanto viabilizam a operação ao longo de todo o ano quanto a estabilização da energia comercializável.

São usuais turbinas com dupla extração, a primeira no nível de pressão em que o vapor é requerido pelas turbinas de acionamento mecânico, entre 1,0 e 2,0 Mpa, e a segunda na pressão em que o vapor é consumido np processo produtivo. O vapor de escape das turbinas é somado ao fluxo da segunda extração para atender a demanda de vapor de processo. No Brasil, os primeiros sistemas de cogeração com turbinas de extraçãocondensação foram recentemente instalados. No caso dessas unidades brasileiras, os sistemas com turbinas de extração-condensação coexistem com sistemas com turbinas de contrapressão. Para que possam operar ao longo de todo o ano, uma questão central é o armazenamento de biomassa ou, então, o uso de um combustível complementar como as palhas e pontas da cana-deaçúcar.

O uso racional das biomassas (bagaço e palha) constitui uma típica solução de geração distribuída. Os locais das usinas de açúcar e álcool são pulverizados e próximos de centros de consumo elétrico, com capacidade para produzir de 20 a 200 MW cada uma, conforme a região, as características de produção e a tecnologia industrial.

O estudo do Centro Nacional de Referência em Biomassa – CENBIO, com base na produção de 267 mil toneladas de cana, estimou o potencial energético do setor sucroalcooleiro no país em 3.852 MW.

Como o fornecimento de energia a partir de biomassa não está sujeito às variações das condições climáticas, ele pode ser muito importante para a diversificação da matriz energética brasileira, que é essencialmente baseada em hidraulicidade de grande porte e está sujeito a sazonalidade. Isso ocasiona variações periódicas na quantidade de energia disponibilizada anualmente na rede de distribuição existente.

No setor sucroalcooleiro, a ampliação da cogeração de energia esbarra na conjuntura atual do setor elétrico, que sinaliza com sobra de energia e baixo preço no mercado “spot”. No entanto, as expectativas são de crescimento, embora a quantidade ainda seja pequena perante o potencial existente.

No Brasil as usinas processam, em média, 1,5 milhão de toneladas de cana-de-açúcar por ano. As dez maiores usinas esmagam entre 3,6 milhões e 6,8 milhões de toneladas de cana-de-açúcar por unidade durante a safra, produzindo entre 298 mil toneladas e 455 mil toneladas de açúcar e de 174,2 milhões de litros a 328,8 milhões de litros de etanol por planta industrial (UNICA, 2004).

Quase todas operam com equipamentos fabricados por empresas nacionais de bens de capital, cuja tecnologia permitiu um rendimento industrial invejável. Quando destinada somente à fabricação de álcool, cada tonelada de cana-de-açúcar moída resulta atualmente em 89 litros de etanol hidratado, ou 85 litros de etanol anidro; quando direcionada exclusivamente à produção açucareira, rende 118 kg de açúcar e 10 litros de álcool do mel residual.

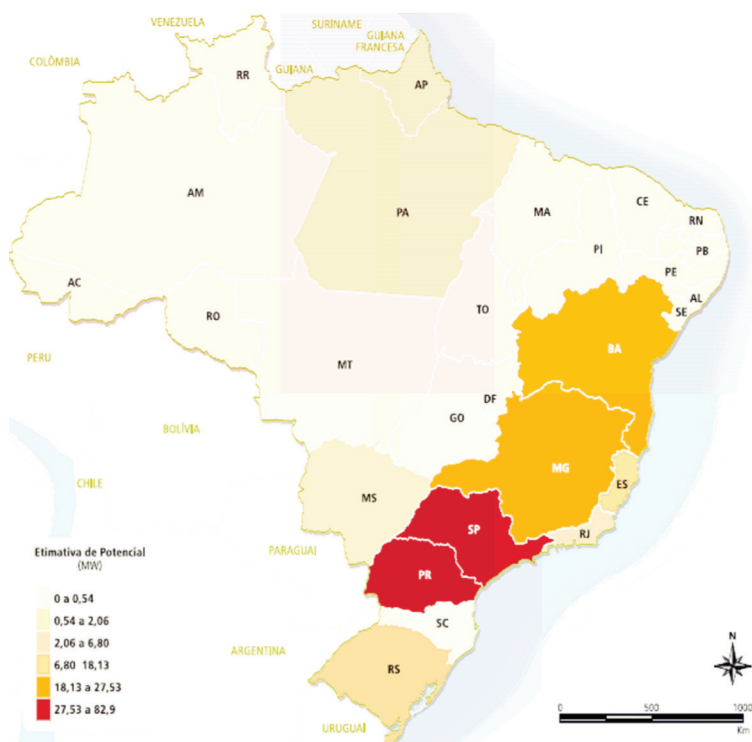
Figura 29 – Potencial de geração de excedente de energia elétrica no setor sucroalcooleiro

Fonte CENBIO, 2001.

Tabela 20 – Potencial de geração de excedente de energia elétrica no setor sucroalcooleiro

Regiões tabuladas	Estimativa energia elétrica gerada (MWhx10³)	Estimativa da capacidade equivalente (MW)
Oferta média Centro-Oeste	4.020	914
Oferta média Nordeste	1.577	424
Oferta média Norte	31	8
Oferta média Sudeste	16.341	3.812
Oferta média Sul	1.204	323
Oferta total Brasil	**23.173**	**5.481**

Fonte: PAIVA, C, 2004.

• Setor industrial -papel e celulose

As indústrias de papel e celulose por terem um elevado consumo de vapor de processo e eletricidade, são bastante importantes para utilização do processo de cogeração. O Brasil é 7º produtor mundial da matéria-prima – contribui com 4% da produção global. Segundo a Associação Nacional de Fabricantes de Papel e Celulose, em 2002, existem 220 companhias no Brasil com unidades industriais localizadas em 16 estados, utilizando madeira de reflorestamento, das espécies eucalipto (62%) e pinus (36%). A produção brasileira de celulose é de aproximadamente 8 milhões de toneladas e a de papel , na ordem de 7,7 milhões de toneladas. Como o processo de fabricação de celulose produz vários subprodutos na forma de biomassa, como cascas, cavaco, pó-de-serra e o licor negro, existe um grande potencial de aproveitamento energético desses resíduos. Segundo a Koblitz, a utilização do licor negro para geração de energia tem um custo de instalação de aproximadamente de US$ 1500,00 por kW instalado e leva cerca de 2 anos para ser instalado. O tempo de retorno do investimento é de aproximadamente 4 anos, considerando o preço de venda da energia no mercado de R$ 130/MWh, em média.

• Setor terciário

No setor terciário, os segmentos com maior potencial para utilização de geração distribuída são os de hotéis, hospitais, shoping centers, supermercados, agências bancárias e aeroportos. Os perfis de demandas elétrica e térmica desses segmentos são bastante semelhantes, com especial destaque para: condicionamento ambiental, iluminação e tração elétrica (elevadores e escadas rolantes). No caso de hotéis e hospitais, é também comum a demanda de calor para cocção, água quente para o banho e em piscinas aquecidas. Esses consumidores costumam adquirir energia elétrica da concessionária local e GLP, diesel ou gás natural, para suprir demandas térmicas.

As soluções de GD mais promissoras para o setor terciário baseiam-se em variações de arranjos que utilizam moto-geradores a gás natural, para geração de energia base, operando em cogeração para produção de água quente e água gelada para sistema de refrigeração. Outra tecnologia promissora para obtenção de água gelada é a utilização de chillers por absorção, que utilizam o calor recuperado em sistemas de cogeração ou obtido por queima direta pra produzir frio. Esses arranjos podem ou não contar com sistemas de termoacumulação, onde quantidades de frio são produzidas e estocadas, para posterior consumo, e com moto-geradores a diesel, para corte de ponta e back up.

Apresentamos a seguir uma referência de extimativa de potencial de cogeração para os segmentos de hotéis hospitais e shopping centers:

Tabela 21 – Potencial de cogeração no setor hospitalar em 2013

Regiões tabuladas	Estimativa energia elétrica gerada (MWhx10³)	Estimativa da capacidade equivalente (MW)
Oferta média Centro-Oeste	171	41
Oferta média Nordeste	532	128
Oferta média Norte	7	2
Oferta média Sudeste	1.807	440
Oferta média Sul	752	181
Oferta total Brasil	**3.269**	**792**

Fonte: PAIVA, C, 2004.

Tabela 22 – Potencial de cogeração no setor hoteleiro em 2013

Regiões tabuladas	Estimativa energia elétrica gerada (MWhx10³)	Estimativa da capacidade equivalente (MW)
Oferta média Centro-Oeste	221	42
Oferta média Nordeste	654	125
Oferta média Norte	13	3
Oferta média Sudeste	2.777	528
Oferta média Sul	537	102
Oferta total Brasil	**4.202**	**800**

Fonte: PAIVA, C, 2004.

Tabela 23 – Potencial de cogeração no setor de shopping centers em 2013

Regiões tabuladas	Estimativa energia elétrica gerada (MWhx10³)	Estimativa da capacidade equivalente (MW)
Oferta média Centro-Oeste	293	67
Oferta média Nordeste	1.048	199
Oferta média Norte	149	28
Oferta média Sudeste	3.846	732
Oferta média Sul	493	112
Oferta total Brasil	**5.829**	**1.138**

Fonte: PAIVA, C, 2004.

5.3.3. Regulamentação da GD e cogeração no Brasil

A seguir tem-se uma tabela com os marcos relevantes relacionados à geração distribuída no Brasil.

Tabela 24 – Marcos relacionados à geração distribuída no Brasil

Ano	Marco	Finalidade
1996	Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996	Estabelece a redução não-inferior a 50% nos encargos de uso dos sistemas de transmissão e distribuição, a livre comercialização de energia com consumidores de carga igual ou superior a 500 kW e a isenção do pagamento de compensação financeira pela utilização de recursos hídricos, para empreendimentos hidrelétricos de pequeno porte (pequenas centrais hidrelétricas – PCH´s)
1996	Decreto nº 2.003, de 10 de setembro de 1996	Define e regulamenta a produção independente e a autoprodução de energia elétrica.
1997	Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997	Dispõe sobre a política energética nacional e determina as diretrizes para o uso racional das fontes de energia, incluindo as fontes e as tecnologias alternativas.
1998	Lei nº 9.648, de 27 maio de 1998	Estabelece incentivos às fontes alternativas renováveis de energia que substituam geração termelétrica a derivado de petróleo em sistema elétrico isolado. Permite que essas fontes usufruam os benefícios da sistemática de rateio da Conta Consumo de Combustíveis – CCC – para geração de energia elétrica em sistemas isolados.
1999	Resolução ANEEL nº 112, de maio de 1999	Estabelece os requisitos necessários à obtenção de registro ou autorização de centrais termelétricas, eólicas e demais empreendimentos operados com fontes alternativas de energia.
1999	Resolução ANEEL nº 245, de agosto de 1999	Estabelece as condições e prazos para a extensão dos benefícios da sistemática de rateio da Conta de Consumo de Combustíveis (CCC) a empreendimentos de geração de energia elétrica que substituam a geração termelétrica a derivados de petróleo em sistema elétrico isolado.
1999	Resolução ANEEL nº 281, de 01 de outubro de 1999	Estabelece incentivos a fontes alternativas, destaca-se a redução não-inferior a 50% nos encargos de uso dos sistemas de transmissão e de distribuição, conforme disposto em seu Art. 22, para empreendimentos hidrelétricos de pequeno porte (pequenas centrais hidrelétricas – PCH´s). e a isenção desse encargo para os empreendimentos que iniciarem a operação até 31 de dezembro de 2003.
2000	Resolução ANEEL nº 021, de 20 de janeiro de 2000	Estabelece os requisitos necessários à qualificação de centrais co-geradoras de energia elétrica.
2000	Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000	Obriga as empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor elétrico a investirem parcela mínima em eficiência energética e pesquisa e desenvolvimento tecnológico. As fontes alternativas são duplamente beneficiadas. Primeiro, porque parte desses recursos se destina à pesquisa e ao desenvolvimento de fontes e tecnologias alternativas. Segundo, porque as empresas que geram energia elétrica exclusivamente a partir de fontes alternativas são isentas desse encargo.
2002	Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002	Cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização dos serviços de energia elétrica e altera dispositivos legais que interferem no aproveitamento de fontes alternativas e cogeração de energia.
2004	Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004	Define Geração Distribuída.

Fonte: RODRIGUES,E. (Org.) .

5.4. Evolução dos mecanismos de incentivo à GD e cogeração

A redução de impactos ambientais negativos, a promoção de desenvolvimento sustentável e a diminuição de riscos hidrológicos no suprimento de energia elétrica do País são objetivos que justificam políticas tendentes a alterar os percentuais supracitados, como parte de uma meta maior de diversificar a matriz energética.

Nesse sentido, destacam-se seguintes incentivos à Geração Distribuída e a Cogeração, no Brasil:

PRODEEM

O PRODEEM (Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios) está voltado à implementação de sistemas descentralizados com predominância de uso de painéis fotovoltaicos. O escopo do Programa engloba o atendimento a cerca de 100 mil comunidades e 3 milhões de propriedades rurais não assistidas do País.

PROINFA

O PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica), criado pela Lei nº 10.438, em 26/04/2002, tem como principal objetivo aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos de Produtores Independentes Autônomos, concebidos com base em fontes eólica, pequenas centrais hidrelétricas e biomassa, num total de 1.100 MW por fonte, no Sistema Elétrico Interligado Nacional.

Para tal, algumas normas deverão ser cumpridas, tais quais:

• Os contratos asseguram a compra da energia a ser produzida no prazo de 15 (quinze) anos, a partir da data de entrada em operação definida no contrato;

• A contratação a que se refere, deverá ser distribuída igualmente, em termos de capacidade instalada, por cada uma das fontes participantes do programa (1.100 MW para cada fonte renovável: eólica, PCH e biomassa), e a aquisição da energia será feita pelo valor econômico correspondente à tecnologia específica de cada fonte, valor este a ser definido pelo Poder Executivo, mas tendo como piso 80% (oitenta por cento) da tarifa média nacional de fornecimento ao consumidor final.

As tecnologias contempladas pelo PROINFA são:

• Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs);
• Biomassa;
• Energia Eólica.

PCH-COM

PCH-COM (Programa de Desenvolvimento e Comercialização de Energia Elétrica de Pequenas Centrais Hidrelétricas). Subprograma da ELETROBRÁS, em que esta dá garantia de compra da energia da usina e o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) financia até 70% do investimento no empreendimento gerador, ficando os 30% restantes por conta do empreendedor.

Luz para Todos

A Eletrobrás é encarregada de gerir os recursos financeiros do programa de universalização de acesso à energia elétrica, do Ministério das Minas e Energia, cujo objetivo é levar energia elétrica a 12 milhões de pessoas até 2008. O programa está orçado em R$ 7 bilhões, sendo R$ 5,3 bilhões provenientes da Conta de Desenvolvimento Energético (CDE) e da Reserva Global de Reversão (RGR), e o restante dos governos estaduais e de agentes do setor. Além da gestão dos recursos, a Eletrobrás é responsável por dar apoio técnico às concessionárias estaduais de energia para a execução do programa.

Em sua primeira fase, o programa irá levar energia elétrica a 1,4 milhão de famílias - 90% delas em áreas rurais - em todos os estados brasileiros com a instalação dos Comitês Gestores Estaduais de Universalização (CGEU). A comunidade de Nazaré foi a primeira atendida pelo programa. Nazaré está localizada no município de Novo Santo Antônio (Piauí), localidade com o menor índice de acesso à energia elétrica do país, onde apenas 8% dos domicílios eram atendidos

Outros

• **Subrogação da CCC em sistemas isolados**

Ref.: § 4º do art. 11 da Lei nº 9.648, de 27/05/98 e Resolução ANEEL nº 245/99.

A Conta Consumo de Combustíveis Fósseis (CCC), em vigor desde 1993, arrecada recursos junto às concessionárias de energia elétrica do sistema interligado, para financiar o óleo diesel da geração termelétrica das áreas isoladas, não atendidas pelo serviço de eletrificação; concentrada na Região Norte do País.

A previsão para o montante global da CCC para 2006 é de R$ 4,6 bilhões. Em 2005, os recursos provenientes da conta foram de R$ 3,4 bilhões.

Farão jus ao direito de usufruir da sistemática de rateio da CCC (Art. 2º), na forma e nos prazos estabelecidos nesta Resolução, os empreendimentos de geração de energia elétrica que venham a ser implantados em sistemas elétricos isolados, em substituição,total ou parcial, de geração termelétrica que utilize derivados de petróleo ou para atendimento a novas cargas, devido a expansões do mercado atual e que se enquadrem como PCH´s ou outros empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fontes alternativas ou renováveis.

• CDE (Conta de Desenvolvimento Energético)

Criada pela Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, com a finalidade de prover recursos para:

- o desenvolvimento energético dos Estados;

- a competitividade da energia produzida a partir de fontes eólica, pequenas centrais hidrelétricas, biomassa, gás natural e carvão mineral, nas áreas atendidas pelos sistemas elétricos interligados;

- promover a universalização do serviço de energia elétrica em todo o território nacional.

• Isenção do encargo de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento)

Ref.: art. 24 da Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002, que altera o art. 2º da Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000.

A partir de julho de 2000, as concessionárias e permissionárias de serviços públicos de geração de energia elétrica são obrigadas a aplicar, anualmente, o montante de, no mínimo, 1,00% (um por cento) de sua receita operacional líquida em pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico. Os empreendimentos de geração distribuída estão isentos deste encargo.

• Desconto na TUSD: 50% geração e carga

Ref.: § 1º do art. 26 da Lei nº 9.427, de 26/12/96, Resolução ANEEL nº 077/2004 e Resolução ANEEL nº 166/2005.

• Lastro de energia: MRE para PCHs

Ref.: § 2º do art. 26 da Lei nº 9.427, de 26/12/96; Resolução ANEEL nº 169/2001; Portaria MME nº 303, de 18/11/04; Portaria MME nº 384, de 22/08/05.

• Licenciamento ambiental: procedimento simplificado

Ref.: Resolução CONAMA nº 279, de 29/06/2001 ; § 1º do art. 36 da Lei nº 9.985, de 18/07/2000; IN nº 065, de 13/04/2005 ;PL nº 4082/2004

• Venda direta para distribuidoras, sem necessidade de leilão

Ref.: § 4º do art. 2 º da Lei nº 10.848, de 15/03/04 e art. 15 do Decreto nº 5.163/04.

• CFURH (6,75%): isenção para PCHs

Ref.: inciso I do art. 4º da Lei nº 7.990/89, § 4º do art. 26 da Lei nº 9.427/96, art. 17 da Lei nº 9.984/00 e Resolução ANEEL nº 87/2001.

• Acesso a consumidores livres: faixa de 50kW a 3.000kW

Ref.: § 5º e § 8º do art. 26 da Lei nº 9.427, de 26/12/96; AP nº 033/2005.

• Isenção de IPI

A Lei nº 9.943/97 concede isenção do IPI para diversas classes de equipamentos usados em cogeração como, por exemplo as turbinas a gás (código 8411.82.00). A isenção é válida até 31.12.98.

• ICMS (Lei Kandir)

A Lei Complementar nº 87/96 (“Lei Kandir”), o ICM pago na aquisição de máquinas e equipamentos (importados ou comprados no mercado nacional) “pode ser creditado pelo adquirente” desde que se refiram a mercadorias “que guardem relação com a atividade do estabelecimento” e que os produtos decorrentes da fabricação sejam tributados.

Para empresas de comércio e indústria que normalmente pagam ICMS esta possibilidade permite uma redução importante no investimento na unidade de cogeração, reduzindo custos de implantação.

• Depreciação acelerada

Em determinadas circunstâncias, a depreciação acelerada é aplicável aos equipamentos de cogeração uma vez que operam de forma continuada.

• Garantias em financiamento

Decreto nº 2003/96 facilita o desenvolvimento de esquemas de “project finanacing” para os co-geradores, onde produtores independentes e os autoprodutores poderão oferecer os direitos emergentes da concessão ou da autorização, como a energia elétrica a ser produzida e a receita decorrente dos contratos de compra e venda dessa energia, bem assim os bens e instalações utilizados para a sua produção, em garantia de financiamentos obtidos para a realização das obras ou serviços.

■ 5.4.1. Barreiras para a disseminação da GD e cogeração

Políticas, regulatórias e institucionais

• Inexistência de padrões técnicos de interconexão da geração distribuída, utilizado nacionalmente.

Infra-estrutura tecnológica

• Alto nível de distorção de corrente harmônica introduzidos na rede por inversores, especialmente aqueles empregados em pequenos sistemas eólicos e solar fotovoltaico;

• Falta de padronização de interface de conexão com a rede da concessionária local (transmissão e distribuição);

• Problemas operacionais de intermitência de geração, no caso de fontes alternativas (especialmente solar e eólica) ou renováveis de caráter sazonal (bagaço de cana);

• Carência de informações precisas do mercado de energia e da infra-estrutura de transporte de energia para determinação de custos marginais de expansão setoriais, que servirão de subsídio para o planejamento da GD;

• Algumas tecnologias existentes são ainda caras, pouco confiáveis e / ou inadequadas para a realidade nacional;

• Desenvolvimento insipiente de algumas tecnologias promissoras e o insuficiente esforço científico e tecnológico nacional em dominá-las;

• Inexistência de fabricantes nacionais de equipamentos de GD: motores e turbinas à gás, motores de combustão externa, chillers por absorção, etc.

Econômico-financeiras

• Alto custo unitário de implantação (R$/kW) de sistemas dos GD;

• Altas taxas cobradas pelas concessionárias (serviço de medição dupla, por exemplo), em valores fixos, independentemente do porte da GD, o que penaliza as instalações de menor porte;

• Inexistência de linhas de crédito específicas para a auto-produção de pequeno porte;

• A ausência de padrões técnicos de interconexão, que obriga ao empreendedor a contratar estudos específicos de engenharia para a pré-conexão, aumentando o custo do investimento;

• Atrasos nas liberações de empréstimos do BNDES, que podem provocar conflitos entre a dilatação do prazo de execução da obra e os contratos de fornecimento assinados.

Ambientais

• Utilização de óleo diesel e em pequenas máquinas térmicas (de menor rendimento) implica em uma maior emissão de poluentes;

• Ausência de definições consensuais dos reais impactos causados pelas diferentes formas de GD ao meio ambiente, o que pode causar grandes impactos ou inviabilizar empreendimentos ambientalmente corretos.

■ 5.4.2. Propostas de ações para incentivar a geração distribuída no Brasil

O Brasil apresenta um enorme potencial de utilização da Geração Distribuída. Corretamente estimulado, o setor produtivo, especialmente aquelas indústrias com potencial de cogeração, onde a eficiência global e as margens de lucro são maiores, podem contribuir substancialmente na oferta de energia para o país. As seguintes medidas são sugeridas para incentivar a geração de energia elétrica a partir de empreendimentos de Geração Distribuída:

• Estímulo ao desenvolvimento de fornecedores nacionais de equipamentos para GD, através de linhas de crédito e incentivos fiscais, subvenção econômica para transferência tecnológica de produtos e processos e aquisição de “lotes pioneiros”;

• Revisão do marco tributário sobre equipamentos (tributos e depreciação mais acelerada, medida par-

cial/ introduzida);

• Adequação do marco tarifário para o gás natural, com redução ou isenção de impostos para atividades de geração de energia de pequeno porte;

• Definição de padrões técnicos de interconexão da geração distribuída, utilizado nacionalmente;

• Definição das tarifas de energia elétrica de back up;

• Criação de linhas de crédito específicas para a auto-produção de pequeno porte;

• Criação de centros de apoio técnico para empreendedores de pequeno porte, para suto-produção;

• Carência de informações precisas do mercado de energia e da infra-estrutura de transporte de energia para determinação de custos marginais de expansão setoriais, que servirão de subsídio para o planejamento da GD;

• Incentivo a geração de energia elétrica a partir de "lixões", nos grandes centros urbanos, utilizando o gás de aterro (potencial de 999);

• Investimento em pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica em fontes renováveis e alternativas e sistemas que as utilizam para produzir energia elétrica, especialmente naquelas em que o Brasil tem os maiores potenciais:

– Desenvolvimento de sistema de secagem e estocagem de biomassa, com o objetivo de perenizar a geração em sistemas sujeitos a sazonalidade de safras, especialmente o bagaço de cana;

– Estudo detalhado do potencial e tecnologias empregáveis para o aproveitamento de resíduos de avicultura (o Brasil é o maior produtor mundial), e pecuária, com potencial de geração de 999 GW médios anuais;

– Desenvolvimento de tecnologia nacional para sistemas heliotérmicos, onde o potencial brasileiro é para atender comunidades isoladas e melhor utilizar o potencial de 999 GW médios anuais;

– Desenvolvimento de inversores com baixo nível de distorção de corrente harmônica, para aplicações em sistemas eólios e fotovoltaicos ligados a rede;

– Desenvolvimento de motores de combustão externa (stirling) e *chillers* por absorção, objetivando sua aplicação em sistemas de recuperação de calor para geração de energia elétrica e frio.

6. Considerações finais

Ao observar a experiência nacional e internacional e procurando obter uma nova perspectiva para a promoção da eficiência energética no Brasil, alguns aspectos merecem ser ressaltados no sentido de se estabelecer uma política consistente para a eficiência energética:

1. Investimentos no aperfeiçoamento de metodologia de planejamento identificaram barreiras para seu aperfeiçoamento tais como a necessidade de aumentar e melhorar a informação referente a eficiência energética.

2. Reforço da base institucional e de gestão das atividades governamentais para implementação dos mecanismos. Esta é uma estratégia fundamental essencial para a proposição e consecução das atividades visando a eficiência energética. Todos os países estudados apresentam instituições responsáveis pelo tema, sendo igualmente relevantes a valorização do marco institucional, a continuidade do suporte orçamentário, a preparação de dirigentes e gestores de programas e a articulação das ações de eficiência energética junto a

outras áreas do governo, como por exemplo meio ambiente, indústria, transportes e ciência e tecnologia.

3. Existência de programas temáticos bem articulados, compreendendo varias ações e mecanismos coordenados, cobrindo vários aspectos do mesmo tema, que reforça as sinergias possíveis e reduz os riscos de implementação, envolvendo agentes diversos no mesmo propósito. Esta é uma estratégia comum nos programas de eficiência energética bem desenvolvidos.

4. A disponibilidade de recursos, em nível adequado às necessidades e sem descontinuidades é um dos elementos importantes para a efetivação de propostas e o desenvolvimento de projetos com resultados efetivos e duradouros.

5. Adoção de preferência de mecanismos em base voluntária empregando-se estímulos de caráter econômico, com bases tributárias e financeiras que traduzam as externalidades não explícitas nos custos energéticos. Entre os mecanismos tributários, tem sido usual a adoção de alíquotas diferenciadas para os produtos mais eficientes[12].

6. A difusão de informações, estrategicamente orientada para os diferentes grupos de interesse (consumidores residenciais, pequenos e médios empresários, fabricantes de equipamentos, instaladores e projetistas de sistemas energéticos). Vários mecanismos de comunicação tem sido extensivamente empregada, com ênfase nos portais da Internet, procurando levar, aos agentes, a informação dos benefícios de muitos mecanismos e programas para a adoção de medidas eficientes, tais como os programas específicos de educação ou setorial, a substituição subvencionada de equipamentos ou a redução de encargos e tributos associada ao uso de equipamentos ou procedimentos mais eficientes[13].

7. Os programas geralmente consideram o uso racional de energia de forma ampla e integrada, desde o ponto de vista dos usos finais, incluindo entre as possíveis alternativas de incremento de desempenho a integração de usos, a diversificação e a substituição energética. Nesse sentido, a cogeração é freqüentemente colocada como uma opção de grande interesse e o uso de energia solar é valorizado[14], inclusive para geração de energia elétrica em sistemas distribuídos. Ainda nesse âmbito, em nenhum contexto se observou a existência de agências dicotomizadas para a promoção da eficiência energética, com um tratamento reducionista dos temas elétricos e dos combustíveis[15]. Por outro lado, vale ressaltar que a característica do sistema energético de vários outros países exige medidas de forma integrada entre os dois temas.

8. O setor de transporte é sempre considerado com ênfase, seja mediante a implementação de políticas de mobilidade mais eficientes para passageiros e carga, seja por meio da promoção de veículos de menor consumo específico, em programas de amplo alcance e grande difusão[16]. Iniciativas desse tipo já foram conduzidas no Brasil durante o início dos anos oitenta e poderão brevemente ser re-editadas, devendo receber a adequada promoção pelo governo.

12 Mecanismos deste tipo devem ser articuladas para contemplar a política industrial e energética. Nesse aspecto, a recente redução do IPI incidente sobre os chuveiros elétricos, equipamentos cujo uso pode ser substituído por equipamentos que utilizam outras energias (tais como aquecedores solar), foi uma medida que desfavoreceu a eficiência do sistema energético.

13 Uma extensa listagem dos programas americanos de crédito tributário para eficiência energética está disponível em http://www.energystar.gov/index.cfm?c=products.pr_tax_credits#2.

14 Como exemplo, os sistemas empregando energia solar (térmicos e fotovoltaicos) qualificados com o selo Energy Star recebem nos Estados Unidos um crédito fiscal de 30% sobre o valor dos sistemas, limitado a US$ 2.000,00.

15 A CONAE, Comisión Nacional de Ahorro de Energía do governo mexicano representa a estrutura institucional mais freqüente para a abordagem integrada da eficiência energética, subordinando-se à Secretaria de Energia e atuando em todo campo dos usos finais.

16 Os programas Fleetsmart e Autosmart conduzidos pelo Office of Energy Effciency para o governo canadense são bons exemplos nesse sentido.

9. Um das formas mencionadas para incrementar o mercado dos equipamentos eficientes tem sido a orientação das compras do poder público para os modelos qualificados com de melhor desempenho, sejam eles equipamentos, veículos ou mesmo edifícios[17].

10. Percebe-se a existência de um propósito de criar uma "cultura de uso racional de energia", evidenciando as vantagens econômicas e ambientais desse processo, buscando resultados sustentáveis e de longo prazo, reduzindo estruturalmente as perdas e desperdícios de energia.

11. A orientação dos programas de eficiência energética observados em muitos países volta-se para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a introdução de fontes energéticas renováveis (bioenergia e energia solar) e de menor impacto (gás natural). O Brasil deve buscar considerar, de forma efetiva, a submissão dos programas e projetos de eficiência ao Mecanismo de Desenvolvimento Limpo- MDL, tendo em vista incoorporar a externalidade positiva, geradas pela eficiência energética, nos seus projetos financeiros.

12. Conforme comentado a estratégia de fomentar a geração distribuída e a cogeração pode trazer grandes benefícios para aumentar a eficiência do sistema energético Brasileiro.

17 O programa "Energysmart Schools" implementado pelo Federal Energy Management Program - FEMP nos Estados Unidos com recursos públicos e privados para reduzir as contas de energia das escolas e investir a economia decorrente da melhor eficiência energética na educação das crianças, prevendo-se economias de US$1,5 bilhão até 2010.

7. Referências bibliográficas

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica, 2006, consulta direta dos autores (www.aneel.gov.br)

AMATO, G. W. , Casca: Agregando Valor ao Arroz, www.irga.rs.gov.br/arquivos/ 20050815133443.pdf, em 13.11.2006

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos: NBR 7.229. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

ARAÚJO, N. L., "Situação dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil", www.cidades.gov.br/index.php?option=conten&task=category&id=541, em 14/11/2006

Avaliação dos Resultados do Procel de 2005, ELETROBRÁS/PROCEL, setembro de 2006

Azevedo, E. M. (2004). Modelo Computacional de Teoria Dos Jogos Aplicado Aos Leilões Brasileiros de Energia Elétrica. Tese de Doutorado, Unicamp.

Bajay, S. V. Modelos de planejamento da expansão de sistemas energéticos, Revista Brasileira de Tecnologia e Negócios de Petróleo, Gás, Petroquímica, Química Fina e Indústria do Plástico – TN Petróleo, 7(39): 81-7, 2004.

Bajay, S. V., Carvalho, E. B., Jannuzzi, G.M., Correia, P.B., Walter, A. C. S., Ferreira, A. L. & Almeida, M. - Planejamento Integrado de Recursos: Conceito, origem, difusão e vantagens em comparação com o planejamento tradicional da expansão do setor elétrico. In: Congresso Brasileiro de Energia, 7. Rio de Janeiro, RJ, 1996. Anais, v. 3. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, p. 1714-24.

Boyle, G. Renewable Energy: Power for a Sustainable Future – Oxford University Press, ISBN – 0-19-856451-1 (1996).

Brazil weighs up new potential: the outlook for CHP and DG.2005. Cogeneration and On-Site Power Production. July–August 2005

Caio, L. S. & Bermann, C., Análise das metodologias de previsão de mercado de energia elétrica face ao novo perfil de planejamento no ambiente pós-privatização. In: Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, 3. São Paulo, SP, 1998. Anais. SBPE, São Paulo, SP, p. 256-61.

Califórnia Energy Comission. Distributed Energy Resource Guide: Electrical Interconection. http://www.energy.ca.gov/distgen/interconnection/ieee.html

Carvalho, A.V.; Krause, G.G.. 1988, Evolução do Mix Energético e Racionalização do Setor de Transportes no Brasil, Seminário OLADE sobre Uso Racional de Energia no Setor de Transportes – Ênfase em Programas de Dieselização. Bogotá, Colômbia

Casca de Arroz: Energia – www.biodiesel.com/energia/resíduo/energia-do-arroz.htm em 13/11/2006

Cavalcanti, C; Ramos, F. O Comportamento do Consumidor de Energia Elétrica face ao Racionamento. Tese. UFPE. 2005

CENBIO – Centro Nacional de Referência em Biomassa. "Notas Técnicas". São Paulo, vários anos.

CETESB, Inventário Nacional de Emissões de Metano pelo Manejo de Resíduos, 1998

CCEE Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

COELHO, S. et al , "Medidas Mitigadoras para a Redução de Emissões de Gases de Efeito Estufa na Geração Termelé-

trica Brasília". Dupligráfica, 2000. 621.262 P T. ANELL, MCT, PNUD BRA/00/029

Congresso Brasileiro de Planejamento Energético

CRMSE (2002a). Comitê de revitalização do modelo do setor elétrico brasileiro – segundo relatório de progresso. Relatório Técnico.

CT-ENERG – "Geração de energia elétrica a partir de biomassa no Brasil: situação atual, oportunidades e desenvolvimento" – 2001

Decreto Presidencial no 4.059, de 19 de dezembro de 2001.

Decreto Presidencial nº 4.508, de 11 de dezembro de 2002.

Decreto Presidencial de 18 de julho de 1991 (institui o CONPET).

DG World Fact Sheet. 2006, http://www.cogen-challenge.org/

Estudo Prospectivos para Fomento dos Biocombustíveis no Brasil. 2006. Brasília-DF. Banco de Cooperação Internacional do Japão – JBIC

Estudo do Potencial da geração de energia renovável proveniente dos "Aterros Sanitários" nas regiões metropolitanas e grandes cidades do Brasil. Convênio FEALQ – Ministério do Meio Ambiente (Dezembro / 2001 – Abril / 2004)

IEA – International Energy Agency. Task VI: Mechanisms for Promoting DSM and Energy Efficiency in Changing Electricity Businesses. Final report. [S.l.]: IEA, mar.2000.

EPE Empresa de Pesquisas Energéticas

Eletrobrás, Avaliação dos Resultados do PROCEL 2005, Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, Eletrobrás, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

ETSAP, The IEA-ETSAP MARKAL Model: An Energy-Environment-Economic Model for Sustainable Development, Energy Technology Systems Analysis Programme, International Energy Agency, Paris, 2004.

ETSU, Making Fuels from Wastes and Crops, Department of Energy, Energy Technology Support Unit , Harwell, Oxfordshire, 1991.

FLORESTAR ESTATÍSTICO, 2004 in Fatos e Números do Brasil Florestal, Sociedade Brasileira de Silvicultura, São Paulo, 2006

Geller, H., 2006, Leilão de Eficiência Energética, Workshop Leilão de Eficiência Energética, Rio de Janeiro

Guide to Decentralized Energy Technologies. 2003. WADE World Alliance for Decentralized Energy.

Haddad, J. (Org.), Eficiência Energética: Integrando Usos e Reduzindo Desperdícios. ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica e ANP Agência Nacional do Petróleo, Brasília, 1999.

IBGE, Pesquisa Agropecuária Municipal, 2005, disponível em http://www.sidra.ibge.gov.br em PAM 2005

IBGE, Pesquisa da Silvicultura, 2005, disponível em http://www.sidra.ibge.gov.br em Silvicultura

IBGE, Pesquisa Nacional de Saneamento Básico, 2000, disponível em http://www.sidra.ibge.gov.br em Pesquisas

IEA/DSM, Evaluation Guidebook on the Impact of Demand-Side Management and Energy Efficiency Programmes

for Kyoto's GHG Targets, International Energy Agency, Demand-Side Management Programme, Paris, October 2006, disponível em http://dsm.iea.org/NewDSM/Work/Tasks/1/task1.eval.GuideBook.asp.

Leal, J.E., Passos, M., Santos, R.L., Eficiência Energética no Setor de Transportes do Brasil, PUCRJ, 2006

Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001.

Leite, A. F., Avaliação Prospecção de mercados regionais de energia, associada a planos energéticos nacionais e projeções estaduais, como contribuição a um planejamento integrado de recursos em bacias hidrográficas, tese de doutorado em planejamento de sistemas energéticos, FEM/Unicamp, Campinas, SP, fevereiro de 2006.

Lima, U., Basso, L C e Amorim, H V Produção de Etanol. Biotecnologia Industrial, vol. 3, Editora Blücher Ltda, pp 1- 41, São Paulo, 2001.

Meier, A., Wright, J. & Rosenfeld, A. H., Supplying Energy Through Greater Efficiency – The Potential for Conservation in California's Residential Sector, University of California Press, Berkeley, USA, 1983.

Ministério de Minas e Energia, Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica 2006-2015, Brasília, DF, 2006.

Ministério de Minas e Energia, Estudos s da Matriz Energética Brasileira 2003-2023, Brasília, DF, 2006b.

Ministério de Minas e Energia, O Planejamento Energético e Considerações sobre a Inserção da Eficiência Energética, Brasília, DF, 2006c.

Motta, F. S.; Produza sua energia - biodigestores anaeróbios, Recife gráfica, Editora AS, 1986.

O CONPET apresenta seus resultados, PETROBRAS/CONPET, Rio de Janeiro, outubro de 2004.

Oliveira Filho, D. & Galiana, F. D., A model for the planning of electric energy systems including exergetic considerations, IEEE Transactions on Power Systems, 11(2): 675-82.

PALETTA, C.E.M. "As implicações dos Aspectos Legais, Econômicos e Financeiros na Implementação de Projetos de Geração de Energia a partir de Biomassa no Brasil" Dissertação de Mestrado, PIPGE/USP, São Paulo, 2004

Peres, S. – Catalytic Indirectly Heated Gasification of Bagasse, Tese de Doutorado, Universidade da Florida, Estados Unidos , 1997.

PROCEL Vinte Anos. Memória da Eletricidade, Rio de Janeiro, 2006.

Programa de Apoio Financeiro a Investimentos em Fontes Alternativas de Energia Elétrica no Âmbito do PROINFA. 2004. BNDES

Regional CHP Initiatives Application Center. http://uschpa.admgt.com/regional.htm

RODRIGUES, Eduardo Azevedo. Abordagem Computacional Modular para Avaliação Técnico-Econômica de Sistemas de Cogeração de Energia. Dissertação de Mestrado, PPGEP/UFPE, Recife-PE, 2000.

Schaffer, Roberto (2006). Setores e Medidas Prioritárias. Workshop Leilão de Eficiência Energética, EPE, Rio de Janeiro, dezembro de 2006.

SOARES, A. P. M. E GRIMBERG, E., "Coleta Seletiva e o Princípio dos 3Rs", http://federativo.bndes.gov.br/dicas/D109.htm

Silva, A. J. (2003). Leilões de certificados de energia elétrica: Máximo excedente versus máxima quantidade negociada. Master's thesis, FEM, PSE, Unicamp.

TOLMASQUIM, M. T. et al "Fontes Renováveis de Energia no Brasil" Rio de Janeiro, CENERGIA, 2003 ISBN 85-7192-095-3

Web-site www.aneel.gov.br

World Survey of Decentralized Energy 2006. WADE World Alliance for Decentralized Energy.

World Energy Outlook 2006. International Energy Agency.

Participantes da Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético - DDE/SPE/MME

Coordenação Executiva
Laura Cristina da Fonseca Porto

Coordenação Técnica
Ceres Zenaide Barbosa Cavalcanti
Paulo Augusto Leonelli

Equipe Técnica
Alexandre Ramos Peixoto
Alvaro Afonso Furtado Leite
Augusto César Campos de Sousa Machado
Ceres Zenaide Barbosa Cavalcanti
Eduardo Rodrigues
Jamil Haddad
José Antônio Sales de Melo
José Henrique Duarte Campos
Luiz Horta Nogueira
Manoel Nogueira
Paulo Augusto Leonelli
Paulo de Tarso de Alexandria Cruz
Sérgio Bajay
Sérgio Peres

ESTRATÉGIA DE PROMOÇÃO PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL

SUMÁRIO

1. Introdução

No atual contexto do setor energético nacional, com uma visão mais integrada das cadeias energéticas, torna-se decisivo investimentos para promover a eficiência energética em função dos seguintes fatores: o preço dos energéticos é crescente em todo o mundo; apesar dos esforços recentes a universalização sustentável do atendimento energético ainda é um desafio para o Brasil; segurança energética; a importação de energéticos e de diversos equipamentos usados na produção e transporte de energia tem impacto direto no desempenho das contas públicas; projetos de eficiência energética também geram empregos; manutenção da boa posição do país relativamente aos impactos ambientais; e a necessidade de reduzir os custos com energia da população de baixa renda.

A importância da eficiência energética para o desenvolvimento sustentável de um país é crescente. Com base nos estudos de potenciais, perspectivas, revisão de mecanismo nas notas anexas à este volume do PNE, este texto apresenta as propostas de estratégias de longo prazo para atingir a meta de conservação de energia prevista para o país. São abordadas as questões gerais, tais como a política e o plano nacional de eficiência energética, questões estruturantes, tais como a cultura de redução de desperdício, e as questões operacionais, tais como a inserção de equipamentos mais eficientes. O texto inicia com uma revisão dos mecanismos, segue com a proposta e finaliza com as considerações finais.

2. Medidas de conservação de energia

Grande parte das medidas de eficiência hoje adotadas no mundo são de caráter voluntário e aplicadas desde a década de setenta, por conta dos choques dos preços do petróleo em 1973 e 1979. Naquela época, predominaram medidas visando conscientizar os consumidores sobre o uso eficiente da energia; concessão de incentivos fiscais, facilidades creditícias e descontos tarifários para a aquisição de equipamentos e instalações mais eficientes; incentivos para a substituição de derivados de petróleo; e investimentos substanciais para projetos de P&D envolvendo equipamentos eficientes.

A estratégia institucional utilizada por alguns governos consiste da criação de novas entidades para implementar essas medidas ou fazê-lo por meio de suas empresas estatais. Constituíram, também, inúmeras bases de dados, contendo informações sobre usos, custos e rendimentos de equipamentos eficientes, entre outras.

Na década de oitenta, surgiram, em inúmeros países, os programas de Gerenciamento do Lado da Demanda (GLD), envolvendo medidas de otimização da gestão energética; o Planejamento Integrado de Recursos (PIR) que considera novos programas de eficiência energética competindo com as alternativas disponíveis de expansão da oferta (EUA, Canadá e a Dinamarca); métodos de regulação tarifária por incentivos (EUA), que visam compartilhar, entre concessionárias monopolistas e seus consumidores, eventuais benefícios associados à melhora no desempenho econômico destas concessionárias (ex: “revenue cap”); legislações estabelencendo níveis mínimos de eficiência obrigatórios para equipamentos, veículos e prédios, na esteira de bem sucedidos programas de etiquetagem.

Na década de noventa começaram, em várias partes do mundo, iniciativas para se alterar a estrutura institucional dos setores elétrico e de gás canalizado, de forma a se constituírem ambientes competitivos nas

etapas de produção/importação e comercialização de eletricidade e gás natural, com mais sucesso em alguns países e menos em outros. A busca de competição também se refletiu nos programas de eficiência energética: para uma boa parte deles passou-se a exigir mensuração confiável de seus resultados, condicionando-se a implantação de um novo programa à apresentação de relação benefício/custo superior a um valor pré-estabelecido. Foram privilegiados programas que fossem capazes de promover transformações de mercado, ou seja, remover as imperfeições e barreiras que impedem o pleno estabelecimento dos princípios da eficiência energética no mercado, visando sua transformação permanente. Foram firmados acordos voluntários entre classes de consumidores[1] e o governo, visando reduções do consumo energético específico, e incentivo à atuação de empresas prestadoras de serviços de energia (ESCOs) e a celebração de contratos de desempenho entre estas e seus consumidores.

Na atual década, verifica-se a expansão do uso de leilões, que se iniciou na década anterior, nos mercados atacadistas de energia elétrica e de gás natural. Leilões também começam a ser utilizados para implantar novos programas de eficiência energética, conforme relatado por Geller (2006) em relação à experiência americana. Leilões pela demanda, como são conhecidos nos EUA, envolvem, em geral, ofertas de projetos de eficiência energética propostos e implementados por clientes dos setores comercial e industrial de empresas concessionárias, em alguns casos via uma ESCO.

Grande parte das medidas de fomento a ações de conservação de energia e gestão de carga mencionados nesta seção também foram implantadas no Brasil, algumas com características diferentes, de forma e tempo, relativamente aos países desenvolvidos. A consistência dos seus programas nacionais, a abordagem combinando adesões voluntárias com a legislação compulsória, a ancoragem proporcionada pelos recursos decorrentes das receitas das concessionárias fazem do Brasil referência internacional no que diz respeito a programas de eficiência energética.

O governo brasileiro optou em utilizar suas empresas estatais – Eletrobrás e Petrobrás – para executar os dois programas nacionais de conservação de energia e a ANEEL para supervisionar o Programa de Eficiência Energética (PEE), executado pelas concessionárias distribuidoras de eletricidade no País. A etiquetagem de equipamentos constitui-se em outro vigoroso instrumento de que o Brasil faz uso para a promoção da eficiência energética.

O fomento à inserção de lâmpadas eficientes na iluminação pública tem sido um sucesso tanto no PROCEL como no PEE. No entanto, 89% da economia de energia elétrica, estimada pelo PROCEL em 2005, foi atribuída à etiquetagem de equipamentos elétricos, no âmbito do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE - INMETRO) e ao Selo PROCEL (Eletrobrás/PROCEL, 2006), o que pavimentou o terreno para a viabilização da Lei de Eficiência Energética, que trata do estabelecimento de níveis mínimos de eficiência compulsórios para equipamentos e edifícios.

Ao longo de sua existência, as atividades do CONPET se concentraram sobretudo na capacitação de pessoal, divulgação de informações e realização de diagnósticos em veículos de carga e de passageiros. Mais recentemente, teve início a etiquetagem, no âmbito do PBE, e o lançamento do Selo CONPET para fornos e fogões e para aquecedores de água. São previstas novas medidas em todos os grandes setores de consumo, envolvendo, por exemplo, a etiquetagem de veículos leves, programas piloto de otimização energética em pequenas e médias indústrias, combate às perdas térmicas e fomento ao uso de gás natural em instalações

1 Em geral , consumidores industriais energo-intensivos

industriais de cogeração.

No âmbito do PEE, verifica-se a predominância dos investimentos, nos primeiros ciclos, na redução de perdas técnicas nas redes de distribuição, em lâmpadas eficientes em redes de iluminação pública e na realização de diagnósticos energéticos em instalações industriais, comerciais e de serviços. Nos ciclos mais recentes, observou-se o forte crescimento de ações de otimização da gestão energética, com freqüência envolvendo parcerias com ESCOs, em indústrias e estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços.

Em 2005, a ANEEL estabeleceu o direcionamento de pelo menos 50% dos recursos desse programa para o uso eficiente de energia junto a consumidores residenciais de baixa renda (adequação de instalações elétricas internas das habitações, doações de equipamentos eficientes, entre outros).

Além disso, atualmente as concessionárias são obrigadas a reverter os ganhos obtidos com os contratos de desempenho em financiamentos a novos projetos de eficiência energética, também por meio de contratos de desempenho em ciclos posteriores. Uma outra evolução importante reside na obrigatoriedade de realização de campanhas de monitoramento e verificação (M&V) dos resultados dos projetos executados. Tais tipos de procedimentos já são rotina hoje nos grandes contratos de desempenho assinados nos EUA (Schiller et alii, 2002), a maior parte deles fundamentada no *International Performance Measurements & Verification Protocol* do Departamento de Energia americano (DoE, 2001). Segundo Geller (2006), esses procedimentos têm sido aperfeiçoados ao longo de muitos anos nos EUA, sendo hoje considerados plenamente satisfatórios por empresas concessionárias, órgãos reguladores e governo americanos.

Para se ampliar substancialmente o papel e a contribuição dos programas de eficiência energética no Brasil, é necessário consolidar as estratégias operacionais vigentes que estão produzindo bons resultados e criar novas estratégias, com vistas a considerar alguns destes programas como alternativas confiáveis e relevantes às opções de ampliação da oferta de energéticos, no planejamento da expansão do setor energético nacional.

Na atualidade tem-se um interessante contexto, seja pela dinâmica do setor energético, seja pelas mudanças institucionais, a configurar uma gama de oportunidades para que o uso racional da energia seja buscado de forma integrada e complementar - desde os recursos primários, até sua conversão pelo consumidor final. Neste contexto busca-se uma proposta de atuação integrada e coordenada das várias instituições e organismos que se relacionam com a temática eficiência energética considerando que:

- a Lei nº 9.478, de 06.08.97, no seu artigo 1º, inciso IV, estabelece que um dos princípios e objetivos da Política Energética Nacional é "proteger o meio ambiente e promover a conservação de energia";
- o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), no exercício de suas atribuições, dentre elas aquela estabelecida no artigo 2º, inciso I, da citada Lei, "promover o aproveitamento racional dos recursos energéticos do País, em conformidade com os princípios enumerados no capítulo anterior com o disposto na legislação aplicável", contará com apoio técnico dos órgãos reguladores do setor energético, conforme parágrafo 1º, do mesmo artigo;
- cabe à Agência Nacional de Petróleo (ANP), segundo o artigo 8º da mesma Lei, "promover a regulação, a contratação e a fiscalização das atividades econômicas integrantes da indústria de petróleo e gás natural" e, conforme o inciso IX, "fazer cumprir as boas práticas de conservação e uso racional do petróleo, dos derivados e do gás natural e de preservação do meio ambiente;
- a Lei nº 9.427, de 26.12.96, no seu artigo 3º, estabelece que a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) possui como incumbência, entre outras, aquela prescrita na Lei nº 8.987, de 13.02.95, no seu artigo 29,

inciso X, "estimular o aumento da qualidade, produtividade, preservação do meio ambiente e conservação";

• o anexo I ao Decreto nº 2.335, de 06.10.97, no seu artigo 4º, incisos IX, XX e XXIII, apresentam como competências da ANEEL, respectivamente, "incentivar o combate ao desperdício de energia no que diz respeito a todas as formas de produção, transmissão, distribuição, comercialização e uso da energia elétrica", "articular-se com outros órgãos reguladores do setor energético e da administração federal sobre matérias de interesse comum" e "estimular e participar das atividades de pesquisa e desenvolvimento tecnológico necessário ao setor de energia elétrica".

■ 2.1. Considerações sobre o Programa de Eficiência Energética - PEE

A ANEEL estabelece, praticamente a cada ano, os critérios para a elaboração dos Programas de Eficiência Energética das distribuidoras de energia elétrica brasileiras. Esse é um assunto de significativa importância apesar de, na maior parte das vezes, receber destaque apenas quando ocorrem situações conjunturais como a crise de energia elétrica de 2001/2002. Tal característica amplia e aumenta a responsabilidade da ANEEL, pois a regulação não deve perder de vista esse caráter estrutural que deve desempenhar as ações de eficiência energética. Recentemente a ANEEL, através da resolução nº 176/2005, alterou novamente os critérios de aplicação dos recursos das empresas distribuidoras de energia elétrica, dificultando uma seqüência de aplicação de critérios e respectivas análises e comparações de resultados entre os vários tipos de programas e projetos, assim como uma análise comparativa do desempenho das diversas distribuidoras.

Outra situação significativa decorre da Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, que dispõe sobre a realização de investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento e Eficiência Energética. A Lei estabelece os respectivos percentuais de aplicação, sendo até 31 de dezembro de 2005, de 0,50% para P&D, e 0,50% para programas de eficiência energética. A partir de 01 de janeiro de 2006, o percentual a ser aplicado em Programas de Eficiência Energética passou a ser 0,25% da Receita Operacional Líquida - ROL das concessionárias e permissionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica. Segundo informações da ANEEL, o Programa de Eficiência Energética, desde seu início, em 1998, impeliu as concessionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica a investirem aproximadamente R$ 1.400.000.000,00 (um bilhão e quatrocentos milhões de reais), alcançando uma economia média estimada de 4.000 GWh/ano, e retirando uma carga da ponta de consumo da ordem de 1.140 MW. A aplicação de recursos foi concentrada em três tipos de projetos: eficientização de prédios e indústrias com 30% dos investimentos; projetos de iluminação pública com 28% do investimento total; e, por fim, projetos residenciais, principalmente doação de lâmpadas eficientes, com 16% do total de aplicação de recursos.

Naturalmente a ANEEL busca, entre outros objetivos, uma maior produtividade e melhores resultados na aplicação dos recursos. Mas, nem sempre é fácil quantificar-se tais resultados. Os investimentos realizados em projetos educacionais, seminários visando difundir a prática da eficiência energética, entre outras ações, podem apresentar resultados a curto, médio e longo prazo, pois procuram desenvolver na sociedade brasileira e nos vários setores produtivos, além dos kWh economizados e kW evitados, a cultura do não desperdício de energia. Os Programas de Eficiência Energética (PEE) e as correspondentes resoluções da ANEEL sempre permitiram a aplicação de recursos em tais ações. Com a redução dos recursos a serem aplicados a partir de janeiro de 2006 não foi mais possível destinar recursos a tais projetos.

Observando-se as várias resoluções editadas pela ANEEL, nota-se que a partir do ciclo 2001/2002, a

ANEEL não mais aceitou projetos com aplicação de recursos destinados à eficiência pelo lado da oferta. Esse direcionamento normativo também está explicitado na Lei nº. 9.991, de 24 de julho de 2000, através da qual além da alteração do montante destinado aos PEE de 0,50 % para 0,25% da receita operacional líquida, tais recursos devem se destinar, a partir de 2006, ao uso final. Atualmente, a ANEEL, através da resolução nº 176/2005, determina que as distribuidoras de energia elétrica destinem, no mínimo, 50% da receita operacional líquida (ROL) para projetos voltados às comunidades de baixa renda. Tais projetos, segundo a mesma resolução, devem, ao mesmo tempo, atender aos critérios de apresentar, no máximo, uma Relação Custo-Benefício (RCB) igual a 0,80 e resultados de economia de energia equivalente a, no mínimo, 0,10% (dez centésimos por cento) do mercado consumidor de energia da concessionária ou permissionária. Será que os projetos voltados aos consumidores de baixa renda alcançarão (e serão mantidos até no curto prazo) os resultados almejados pelo regulador? Talvez fosse mais prudente o estabelecimento da possibilidade das concessionárias apresentarem projetos pilotos destinados aos consumidores de baixa renda, e que poderiam ser replicados, desde que atingidos metas e critérios mínimos de RCB e energia economizada.

Essa filosofia de se manter vários tipos de projetos submetidos a critérios técnicos (RCB máximo de 0,80; percentual de energia economizada em relação ao mercado da concessionária; demanda de ponta evitada; participação do consumidor em parte dos investimentos (contra partida financeira ou mão de obra ou equipamentos) nos projetos com contrato de desempenho etc) são prerrogativas do agente regulador, mas poderiam ser consideradas e avaliadas num contexto mais amplo agregando outros atores voltados ao processo de gestão e decisão. Em paralelo, os critérios de monitoramento da implementação e avaliação de resultados poderiam ser aperfeiçoados de tal forma que a regulação poderia, ao longo do tempo, se municiar de informações para "apertar" tais indicadores fazendo com que houvesse um processo natural de seleção de projetos.

Apesar das boas intenções e motivações técnicas, em um outro ambiente institucional com uma maior articulação gerencial, talvez fosse possível uma resolução que operasse uma variação não tão brusca nas regras do PEE e sim uma transição mais suave, mas sempre com balizamento e critérios técnicos para aprovação dos projetos e do Programa.

2.2. Considerações sobre o programa PROCEL

Através do PROCEL foi possível implementar diversas medidas que redundaram em ganhos energéticos ao Brasil. Em termos de tipologia das medidas de conservação com maiores impactos quantitativos, destaca-se a promoção de iluminação mais eficiente, com a substituição de lâmpadas na iluminação pública e nos setores comercial e residencial, o aumento da eficiência de eletrodomésticos (refrigeradores e freezers) e de motores, através da etiquetagem, a instalação de medidores, reduzindo as perdas comerciais, e a eliminação de desperdícios de energia elétrica das concessionárias, reduzindo as perdas nos sistemas de geração, transmissão e distribuição.

A confiabilidade dos resultados de algumas destas medidas não é elevada, devido sobretudo às dificuldades de medição, ou, até, a inexistência destas. Esse é um tema no qual a regulação e a política energética poderiam atuar de forma mais incisiva. Esses resultados poderiam orientar tanto o governo como o PROCEL nas ações e nos projetos a serem desenvolvidos, como por exemplo, as campanhas publicitárias na mídia, diagnósticos energéticos e estudos, programas educacionais e eficientização de indústrias. É necessário reexaminar a gestão destes programas considerando-se os mecanismos de monitoramento e avaliação (M&V).

2.3. Considerações sobre o CONPET

O CONPET, ao longo de sua existência, tem desenvolvido vários projetos, particularmente nos setores de transporte, educação, divulgação e marketing além de ações envolvendo a etiquetagem de fogões e aquecedores. Esse último tem como foco principal os consumidores dos setores residencial e comercial, mas estabelece um forte vínculo com o setor industrial, através das associações de classe ou dos fabricantes, além do INMETRO.

O setor de transporte é o principal responsável pelo consumo de derivados de petróleo do País, correspondendo a aproximadamente 50% do total, sendo o óleo diesel largamente utilizado tanto para transporte de cargas como de passageiros. O Brasil não é auto-suficiente na produção desse combustível, sendo que até dezembro de 2005 importava cerca de 50.000 (cinqüenta mil) barris/dia. Portanto, a melhor eficiência na utilização desse importante derivado de petróleo reduzirá tanto o custo para o empresário (com possíveis reflexos no preço ao usuário) como a redução na importação.

A atuação do CONPET neste setor apresenta resultados significativos. Considerando somente o projeto EconomizAR, estima-se que em 2005 houve uma economia de 1,7 milhões de barris no setor , equivalente a R$ 405 milhões. É importante também desenvolver e implementar mecanismos de M&V para esses e os demais projetos desenvolvidos pelo CONPET. Sugere-se também um sistema de acompanhamento de resultados realizado por terceiros que não participam ou que não tenham vínculos diretos com a execução destes projetos.

3. Estratégias para a eficiência energética no horizonte de 30 anos no Brasil

Conforme anteriormente descrito, os estudos do PNE definiram metas a serem atingidas por um plano nacional de eficiência energética. Nesse sentido, torna-se necessário criar as estratégias de eficiência energética que definirão os mecanismos que o Governo implementará ou fomentará visando atingir a meta especificada.

A diretriz que norteará a construção das estratégias é a criação de mercado de maior escala e menor incerteza para a eficiência energética no Brasil. Para detalhar a proposta, as estratégias serão divididas em 3 grupos principais: estratégias gerais, que compõem as grandes medidas que balizarão todas as seguintes; estratégias estruturantes, cuja finalidade é prover os alicerces necessários para o sólido desenvolvimento das estratégias operacionais; estratégias operacionais, que visam operacionalizar as diretrizes. A Tabela 1 resume as estratégias dos 3 grupos que serão descritos a seguir, comentando seus mecanismos gerais e suas novas propostas.

Tabela 1 – Resumo das estratégias por grupo

Gerais	Estruturantes	Operacionais
Eficiência energética como uma opção de investimento no planejamento da expansão do setor energético brasileiro	Assegurar recursos para viabilizar as estratégias propostas	Fomento à inserção de equipamentos, edificações e processos mais eficientes no mercado
Política de eficiência energética do Governo Federal	Monitoramento & Verificação	Redução de desperdícios de energia junto à população de baixa renda
Plano nacional de eficiência energética - PNEf	Aperfeiçoar o marco legal de forma a incentivar o mercado de eficiência energética	Otimização energética de processos e instalações industriais, comerciais e de serviços
Ampliar a base de informação	Construir uma Cultura de combate ao Desperdício de Energia	Aperfeiçoamento na regulação tarifária para estimular investimentos em eficiência energética
Trabalho de articulação		Substituição de fontes de energia, com ganhos sistêmicos de eficiência
		Apoiar a otimização da matriz de transportes no Brasil

3.1. Estratégias gerais

Eficiência energética como uma opção de investimento no planejamento da expansão do setor energético brasileiro

Os investimentos em programas de eficiência energética feitos até hoje no Brasil são marginais perante os investimentos alocados nas opções disponíveis de aumento da oferta de energia. Adicionalmente, o monitoramento e a verificação de resultados têm sido instrumentos pouco freqüentes, mas que evoluíram significativamente em anos recentes. Esses fatos mostram que o tema eficiência energética vinha ocupando pauta secundária nas discussões do planejamento energético.

Uma nova abordagem para inserir a eficiência no planejamento se fez necessária, exigindo definições mais claras sobre diretrizes, metas e investimentos a serem realizados em energia elétrica e combustíveis e, assim, traçar as estratégias e mecanismos que o governo pudesse empregar. Existem diversas metodologias de como se abordar a eficiência energética no planejamento, conforme descrito na nota técnica "Mecanismos de Promoção para Eficiência Energética", no qual apresentou a evolução nessa direção, visto que utilizou o conceito de Usina Virtual paralelamente ao conceito tradicional de cenário de crescimento de rendimentos, posse e uso.

A estratégia aqui proposta é evoluir as discussões sobre os novos conceitos e aperfeiçoar a metodologia. Mas, o fato de maior importância é considerar, de forma contínua, a eficiência energética como opção aos investimentos em geração ou produção de energia.

Política de eficiência energética do Governo Federal

Diante do contexto atual, é imperativa a necessidade de definição e de implementação de uma Política Nacional de Eficiência Energética. Essa Política deverá nortear o conjunto de medidas de eficiência do Governo Federal para induzir o consumo e o sistema de energia a atingir a meta de conservação, por meio de medidas de eficiência energética.

A Política de Eficiência deve ter amplitude nacional e objetivo geral de orientar a ação dos diversos entes governamentais e privados, no combate ao desperdício energético e na construção de uma sociedade energeticamente eficiente, direcionando recursos, aperfeiçoando o marco legal e criando uma cultura para o combate do desperdício de energia e para a preservação dos recursos naturais.

Para alcançar tal objetivo, são definidas as seguintes diretrizes:

- Criar um ambiente sustentável para a indústria de eficiência energética;
- Estimular o aumento da eficiência energética de equipamentos, sistemas e processos produtivos;
- Incorporar, de forma sistematizada, a eficiência energética no planejamento de curto, médio e longo prazo do setor energético;
- Fomentar a substituição de fontes energéticas sempre que isto representar ganhos sistêmicos de eficiência;
- Direcionar o poder de compra governamental para a aquisição de produtos e serviços eficientes, do ponto de vista energético;
- Fomentar a redução de perdas técnicas nos sistemas de produção, transporte e distribuição de energia;
- Apoiar a otimização da matriz energética no setor de transporte de forma integrada.

Tanto o objetivo quanto as diretrizes apresentadas refletem o resultado de um longo debate entre especialistas da área e da permanente interação do MME com as instituições que estes representam.

Plano nacional de eficiência energética - PNEf

As estratégias e medidas de fomento contempladas na Política deverão ser detalhadas em mecanismos, infra-estrutura e orçamentos necessários para garantir a meta prevista no PNE, para o horizonte de 2030. Assim, o Plano Nacional de Eficiência Energética - PNEf é o instrumento de detalhamento e de operação das estratégias traçadas no âmbito da Política de Eficiência e do PNE.

Como alternativa, o PNEf pode ser descrito e publicado como parte do Plano Decenal de Energia, visto que ambos têm o objetivo de detalhar a operação, ou publicado separadamente como uma publicação específica. Vale ressaltar que, durante sua elaboração, seu conteúdo será discutido com as principais partes envolvidas, contemplando outros Ministérios, Agências Reguladoras, Associações etc.

Ampliar a base de informação

A principal barreira identificada para definir as perspectivas de eficiência energética, nos próximos 25 anos é a precariedade das informações disponíveis. Essas possuem grande incerteza e, na maioria das vezes, são escassas e sem uma metodologia única e consolidada.

As entidades encarregadas de planejar, implementar e monitorar programas de eficiência energética necessitam de informações, tais como custos e rendimentos de equipamentos e veículos eficientes, estatísticas detalhadas de vendas de equipamentos e veículos e resultados de pesquisas de campo sobre posse e hábitos de usos dos equipamentos e veículos e sobre as respostas dos diversos grupos de consumidores às diferentes medidas de conservação. Bancos de dados contendo tais informações têm sido montados por diversos países desenvolvidos desde a década de setenta. Em função dos custos significativos das pesquisas de campo, isto não tem ocorrido na maioria dos países em desenvolvimento, inclusive no Brasil. Existe atualmente investimentos do PROCEL na área[2], mas que carecem ainda de reforços e da abordagem dos demais programas nacionais. Sem uma base de dados consistente, que inclua o levantamento de tecnologias disponíveis ou em estudo (e análise de sua potencialidade de mercado) e metodologia de resultados de projetos, não se podem modelar, de forma confiável, programas de eficiência energética no planejamento da expansão do setor energético brasileiro.

2 Um bom exemplo é o lançamento do Procel Info realizado no final de 2006.

A implantação de um bom sistema de informações sobre eficiência energética é um pré-requisito essencial para o desenvolvimento futuro dos programas de eficiência energética no País. Trata-se de uma responsabilidade governamental, para a qual devem ser previstos os recursos necessários e uma articulação eficaz com os agentes envolvidos.

A proposta é que o Ministério de Minas e Energia coordene a elaboração desses estudos e a criação de um sistema de informações de eficiência energética eficaz que o subsidie no monitoramento e no processo de planejamento das perspectivas futuras para a eficiência energética.

Trabalho de articulação

Promover a articulação entre os principais agentes econômicos e governamentais para a criação de mercado sustentável para a eficiência energética é uma estratégia essencial para o sucesso da estruturação da Política de Eficiência e do PNEf.

■ 3.2. Estratégias estruturantes

Assegurar recursos para viabilizar as estratégias propostas

• Estrutura institucional

Atualmente o Governo Brasileiro adota a estratégia de descentralizar o gerenciamento dos programas de eficiência energética. A experiência Internacional, conforme a nota técnica "Mecanismos de Promoção para Eficiência Energética" deste volume do PNE, mostra que há estruturas de rede para gerenciar os programas que funcionam bem em vários países. O caso brasileiro apresenta alguns problemas estruturais no gerenciamento descentralizado, visto problemas com a estrutura necessária de recursos humanos e orçamentários para um eficaz coordenação geral e integrada.

A proposta reside em rever a estrutura existente e propor a ampliação e novas capilaridades para viabilizar o Plano Nacional de Eficiência Energética. Esta nova estrutura deverá ter orçamentos próprios, corpo técnico capacitado e suficiente para gerenciar os atuais programas e os novos mecanismos, de forma a garantir ao sistema o deslocamento da energia conservada prevista e assim manter a segurança do sistema. Paralelamente ao fortalecimento institucional, é importante criar a cultura de grupos técnicos para tratar assuntos específicos, tais como a elaboração do PNEf.

Em qualquer das estruturas, a coordenação geral caberá ao MME, instituição responsável pela política energética nacional e se relacionar com as demais instituições que tratam da mesma temática como a Eletrobrás/PROCEL, Petrobras/CONPET, ANEEL, ANP, ANA, cobrindo de maneira integrada os elos da cadeia "políticas energéticas - planejamento - regulação".

Considerando a opção de uma nova organização específica para o tema eficiência energética, esta deverá ter um escopo de atuação pertinente com fortes vínculos com a área ambiental e no fomento à difusão de fontes renováveis de energia, tal qual ocorre com boa parte das organizações estrangeiras apresentadas. Tal situação produziria uma importante sinergia no contexto da crescentemente necessária integração das áreas energética e ambiental no País, além de possibilitar o financiamento das atividades por meio de fundos nacionais e internacionais destinados a melhorias ambientais. Entretanto, abordar esse desafio requer a definição de um novo modelo para a eficiência energética em consonância com a reforma do setor energético. Este modelo de organização responsável pelos programas de eficiência energética poderia inicialmente ser apenas

coordenador e gestor das práticas regulatórias definidas pelo governo e fiscalizadas pelas agências reguladoras, em conformidade com as políticas energéticas vigentes, visando atingir metas estabelecidas.

- **Financiamento dos programas**

O financiamento atual dos programas de eficiência energética no Brasil provém de várias fontes: recursos orçamentários da Petrobras e Eletrobrás, Reserva Global de Reversão (RGR), recursos de fundos internacionais, como o *Global Environmental Facility* (GEF), a fundo perdido, 0,25% da receita operacional líquida (ROL) das empresas concessionárias distribuidoras de energia elétrica (Programa PEE), empréstimos bancários para ESCOs (BNDES, Caixa Econômica Federal) e consumidores, e capital próprio de consumidores. Como se observa, a maior parte dos recursos têm origem no setor público via mecanismos compulsórios de mercado (percentual mínimo de investimento). Existe um mercado, ainda pouco utilizado, para a eficiência energética, em nível mundial, advindo do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL). Atualmente, só existem 8 projetos diretamente[3] especificados como sendo de eficiência energética.

Esta proposta de alteração do escopo da abordagem dos programas de eficiência energética na futura expansão do setor energético brasileiro, evidentemente, requer investimentos maiores do que os praticados atualmente, e boa parte desses recursos adicionais terá que vir de capital próprio privado e empréstimos a consumidores, ESCOs e empresas concessionárias. Será necessária nova estrutura de atração de capital privado e de financiamentos bancários maciços aos programas.

Nesse contexto, estudam-se algumas possibilidades de criação de mercado de eficiência energética, tal como é a opção de leilão de energia nos EUA ou os mecanismos de Certificados Brancos que vêm sendo estudados. Contudo, uma mudança dessa magnitude requer discussões com os vários atores, direta ou indiretamente ligados à eficiência energética, que serão afetados por esta mudança: outros organismos do governo; empresas; agências reguladoras; entre outras. Portanto, a proposta aqui descrita fica como uma primeira abordagem do tema, que após o seu amadurecimento será detalhado no PNEf.

Monitoramento & Verificação

A proposta de novos programas de eficiência energética como opções à expansão da oferta de energia só será factível se procedimentos claros, precisos e bem aceitos de monitoramento e verificação (M&V) dos resultados forem adotados no País. Uma usina virtual, decorrente do conjunto de estratégias de eficiência energética, efetivamente substituirá a implantação de um empreendimento de geração. Na hipótese de não se atingir a meta de conservação dessa usina, além das sanções cabíveis, pode haver o comprometimento do planejamento que, dependendo do prazo, poderá afetar a segurança do sistema.

Existem dois focos para essa estratégia: a análise dos resultados de medidas estruturantes ou de conservação indireta, difíceis de mensurar, e análise de resultados de medidas operacionais ou diretas. Nesse primeiro grupo, os programas vem investindo em novas e mais consistentes metodologias. Ao segundo grupo, atualmente em sua maioria fiscalizados pela ANEEL, associam-se dificuldades maiores, seja em função de metodologias ou de insuficiência da estrutura da Agência para este fim. Contudo, tanto a experiência nacional[4] e, principalmente, a experiência internacional[5] avançaram bastante sobre as questões metodológicas.

3 Há projetos de MDL com forte conteúdo de eficiência energética, mas que são caracterizados de outras formas.
4 O cerne reside nas questões estruturais para sua implementação.
5 Especial destaque para a publicação: International Performance Measurements & Verification Protocol do Departamento de Energia americano (DoE, 2001)

Os estudos do PNEf deverão unificar os procedimentos de Monitoramento e Verificação e rever sua estrutura de implementação, beneficiando-se, evidentemente, do máximo possível da experiência internacional e nacional, e que tais procedimentos únicos sejam discutidos e repassados aos atores afetos a este processo.

Desta forma, as etapas previstas para a implementação de um sistema de monitoramento e avaliação (M&V) dos programas brasileiros de eficiência energética estão apresentadas a seguir:

• **Etapa 1:** Análise dos principais programas nacionais de eficiência energética ainda em vigência (PROCEL CONPET, PEE) considerando os últimos 10 anos.

• **Etapa 2:** Avaliação dos procedimentos empregados nas análises técnicas e econômicas dos programas realizados. Verificar os aspectos operacionais que possam melhorar a relação entre os agentes institucionais envolvidos diretamente e indiretamente com apresentação de sugestões de melhorias.

• **Etapa 3:** Desenvolver metodologia de "Sistema de Avaliação e Acompanhamento dos Resultados dos Programas de Eficiência Energética", envolvendo os aspectos relacionados à forma de medição dos resultados dos Projetos/Programas, bem como, de todo o processo desde a concepção de cada projeto até a sua finalização (por exemplo: estabelecer os objetivos, selecionar as alternativas tecnológicas, avaliar a aceitação pelos consumidores, avaliar os impactos, avaliar os possíveis desdobramentos, avaliar os procedimentos de implementação, avaliar os procedimentos de monitoração e avaliar as estratégias de continuidade das medidas).

• **Etapa 4:** Sugestões de regulamentação.

Aperfeiçoar o marco legal de forma a incentivar o mercado de eficiência energética

O Brasil dispõe, atualmente, de vasto arcabouço legal e normativo, cujo escopo abrange o PBE, PROCEL, CONPET, PEE, a Lei de Eficiência Energética, dentre outros.

As novas estratégias operacionais propostas irão requerer a expansão dessa base legal. Como exemplos, pode-se citar: mudanças na regulação tarifária das concessionárias distribuidoras de energia elétrica e gás canalizado, que permitam a obtenção de lucros com programas de eficiência energética; e utilização regular e mais intensa de incentivos fiscais a equipamentos e processos mais eficientes etc.

A proposta é que, durante a elaboração do PNEf, seja criado um grupo técnico para tratar da revisão do marco legal. A proposta final comporá estratégia contínua no processo de evolução das estratégias de eficiência energética.

Construir uma cultura de combate ao desperdício de energia

Prover informações aos consumidores sobre hábitos racionais de consumo, bem como orientá-los na aquisição de equipamentos eficientes têm sido medidas de fomento à eficiência energética praticada no mundo todo desde a década de setenta. No Brasil, tais medidas têm sido implementadas no âmbito dos programas PBE, PROCEL e CONPET, desde a sua criação, e vêm evoluindo ao longo do tempo. Destaca-se, por exemplo, o lançamento, em 2006, pelo PROCEL, do sítio de acesso livre do Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética – PROCEL Info. O atual Plano Estratégico do CONPET (Conselho Consultivo do CONPET, 2006) prevê investimento de R$ 9,72 milhões em marketing & comunicação, no período 2007-2011.

A capacitação de pessoal em eficiência energética, envolvendo palestras, cursos de treinamento, oficinas de trabalho (níveis fundamental e médio) e o oferecimento de disciplinas sobre uso eficiente de energia em cursos técnicos e de nível superior no País, é um outro método de fomento muito importante para construir

essa cultura. Os programas, especialmente via os programas PROCEL e CONPET nas Escolas, obtiveram grande progresso, conforme discutido no capítulo 4. O atual Plano Estratégico do CONPET (Conselho Consultivo do CONPET, 2006) prevê um investimento de R$ 12,16 milhões no CONPET na Educação, no período 2007-2011.

Deve-se dar continuidade e intensificar os trabalhos que já vêm sendo feitos neste sentido para mobilizar permanentemente a sociedade no combate ao desperdiço de energia.

3.3. Estratégias operacionais

Fomento à inserção de equipamentos, edificações e processos mais eficientes no mercado

Esta primeira estratégia objetiva a transformação do mercado de equipamentos, processos e edificações, de forma a elevar a eficiência média destes produtos. Nesse contexto, três mecanismos de fomento utilizados no Brasil têm se mostrado eficazes: a etiquetagem, os selos para os equipamentos mais eficientes, e os de níveis mínimos de eficiência obrigatórios para novos equipamentos. As duas primeiras medidas atingem esse objetivo indiretamente, por meio da indução da retirada voluntária e gradual do mercado, pelos fabricantes, de seus modelos mais ineficientes, enquanto que a terceira medida impõe tal retirada, nos prazos previstos no instrumento legal utilizado. No Brasil, a prática tem sido inicialmente conceder a etiqueta (PBE) aos produtos, prover o selo de eficiência (Selo PROCEL e CONPET) aos equipamentos mais eficientes e, posteriormente, estabelecer níveis mínimos de eficiência obrigatórios pela aplicação da Lei de Eficiência Energética, conforme anteriormente mencionado.

No âmbito do PBE e dos Selos PROCEL e CONPET, planeja-se, até 2010, acrescentar outros 21 equipamentos ao conjunto de 29 já etiquetados, totalizando 50 equipamentos. No âmbito da Lei de Eficiência Energética, prevê-se o estabelecimento dos índices mínimos para outros 15 equipamentos. Merece especial destaque os trabalhos para a etiquetagem das edificações no País, cuja metodologia prevê a classificação dos edifícios com base em critérios técnicos de iluminação, condicionamento de ar e envoltória.

A concessão de incentivos fiscais, facilidades creditícias e descontos tarifários para a aquisição de equipamentos e veículos eficientes tem sido outro mecanismo utilizado em muitos países, desde a década de setenta, mas pouco utilizado no Brasil.[6] Entretanto, esse mecanismo deve ser trabalhado conjuntamente com outros atores do governo[7].

Além dos mecanismos de indução de transformação de mercado, é necessário que haja uma estratégia que vise disponibilizar alternativas tecnológicas para fazer frente à demanda por maior eficiência dos equipamentos, edificações e processos. Este tema será tratado separadamente, pois é uma estratégia que transcende o tema eficiência energética.

Em alguns países, é corrente a prática do uso do poder de compra do governo para fomentar a constituição do mercado de determinados produtos (EUA, Austrália, o Japão e os integrantes da Comunidade Européia). As chamadas aquisições verdes consistem da incorporação requisitos de sustentabilidade para as aquisições públicas. No Brasil, o governo tem em curso a elaboração de um manual de compras públicas sustentáveis, que orientará a aquisição de produtos e serviços com base em critérios de sustentabilidade.

A proposta de mecanismos gerais para esta estratégia é:

- ampliar o processo bem sucessido de etiquetagem, selo e estabelecimento de níveis mínimos de eficiência obrigatórios para equipamentos, e edificações;

6 Como exemplo tem-se algumas medidas do período do Racionamento de 2001.
7 Especial destaque para a Política Industrial do Ministério de Desenvolvimento da Indústria e Comércio – MDIC.

• subsidiar a formulação da política industrial, junto aos Ministérios da Fazenda e do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, para gerar mecanismos fiscais de incentivo ao uso de produtos eficientes no uso da energia;

• fomentar a inovação tecnológica em eficiência energética.

Redução de desperdícios de energia junto à população de baixa renda

A eficiência energética pode ser aplicada também num caráter social. Uma parcela elevada dos consumidores de energia elétrica no Brasil é caracterizada na sub-classe residencial baixa-renda, com direito a tarifas subsidiadas. Entretanto, mesmo com os valores baixos das tarifas, existe uma elevada percentagem de furtos de energia entre esses consumidores, seja pelo baixo poder de compra ou outros problemas sociais, incorrendo em desperdício de eletricidade. A estratégia utilizada atualmente pela ANEEL foi, a partir do atual ciclo (2005/2006) do PEE, direcionar pelo menos 50% dos recursos desse programa para o uso eficiente de energia junto a consumidores residenciais de baixa renda, envolvendo vários tipos de ações e mecanismos de fomento.

A proposta é manter a estratégia da ANEEL até que se obtenha uma maior regularização das ligações e sedimentação da cultura de combate ao desperdício de energia. Posteriormente pode-se reduzir este recurso de forma gradativa, direcionando-o para outras estratégias de eficiência energética. Contudo, é importante manter sempre um percentual mínimo para este fim, no sentido de garantir, a este grupo da população, condições do uso da energia de forma sustentável.

Otimização energética de processos e instalações industriais, comerciais e de serviços

Ações específicas visando a otimização energética de processos industriais vêm sendo implementadas no Brasil desde a década de setenta. Tais ações junto a outras similares voltadas para grandes instalações comerciais e do setor de serviços, públicos e privados, tiveram um forte incremento nos últimos anos em função da estruturação do mercado das ESCOs. O PROCEL, por meio de seus programas PROCEL na Indústria, Gestão Energética Municipal, RELUZ e SANEAR, tem atuado nesses setores direta e indiretamente.

Os mecanismos mais utilizados por estes programas é o treinamento de multiplicadores e agentes, investimento em centros de pesquisa, laboratórios e pesquisas aplicadas. Desta forma, perenizam-se os resultados por meio da disseminação de informações acerca da conservação e do uso racional da energia, mantendo-se a sustentabilidade pela ampliação de infra-estrutura de pesquisa neste área. Outro mecanismo de sucesso utilizado por esses programas são os prêmios para melhores práticas.

No que tange ao setor industrial, é imprescindível estabelecer um ambiente sustentável de mercado, de forma que as ações promovidas no âmbito do PROCEL e do CONPET, em caráter demonstrativo, sejam perenizadas. Ademais, à semelhança ao que se pratica nos EUA e Canadá (Martins et. alii, 1999), devem ser firmados acordos com grandes consumidores de forma a reduzir seu consumo energético específico, auferindo os respectivos ganhos financeiros, ambientais e sociais.

Desta forma, a estratégia é reforçar os mecanismos existentes, mantendo sempre treinamentos e investindo em centros de pesquisas, incentivando boas experiências por meio de prêmios. Entretanto, o setor industrial junto com os grandes centros comerciais e de serviços, respondem por mais de 50% do consumo total de energia elétrica e parte significativa do consumo de combustíveis, característica esta que se mantém no

horizonte de 25 anos. Portanto, a estratégia para esses setores é que o PNEf apresente mecanismos de mercado que incentivem, de forma sustentável, o investimento na eficiência energética. Conforme comentado na estratégia para assegurar recursos, existem algumas opções que deverão ser devidamente estudadas, tais como o leilão de eficiência energética, certificados brancos ou cotas mínimas.

Aperfeiçoamento na regulação tarifária para estimular investimentos em eficiência energética

Desde a década de oitenta começaram a ser implantados, sobretudo nos EUA, métodos de regulação tarifária por incentivos, que visam compartilhar, entre concessionárias monopolistas e seus consumidores, eventuais benefícios associados a melhorias no desempenho econômico destas concessionárias. Entre esses métodos, pode-se destacar a regulação por teto de receita (*revenue cap*), que possibilita a obtenção de lucro adicional para as concessionárias de energia por meio de programas de eficiência energética, uma vez que este método desassocia essas receitas e as vendas das concessionárias.

Alguns especialistas da área acreditam que tanto a regulação tarifária tradicional, de tarifa pelo custo, quanto a regulação por teto tarifário, vigente no setor elétrico brasileiro, desestimulam investimentos em programas de eficiência energética. Estes sugerem que a adoção de tetos de receita ou de um sistema híbrido na regulação tarifária de empresas concessionárias distribuidoras de energia elétrica e de gás canalizado no Brasil atrairia investimentos adicionais destas empresas para a promoção da eficiência energética. Ressalta-se que devem ser excluídos dessa abrangência os recursos aplicados nos PEE das concessionárias distribuidoras de eletricidade. Outras possibilidades estudadas para o Brasil é o repasse do custo do leilão de eficiência energética para a tarifa, além das tarifas diferenciadas.

Todas essas abordagens contem dificuldades e, portanto, devem ter sua sustentabilidade avaliada. Esta é uma estratégia complexa, pois envolve vários atores, direitos e regras de mercado. Por este motivo, deve ser foco de estudo do PNEf para estudar melhor tais opções.

A diretriz geral é que deve-se estudar melhor a política de tarifa de forma a incentivar eficazmente a eficiência energética nas várias classes de consumo de energia elétrica.

Substituição de fontes de energia, com ganhos sistêmicos de eficiência

A segurança no suprimento, a qualidade do energético e os impactos ao meio ambiente são fatores que se somam aos ganhos econômicos decorrentes da substituição adequada de fontes de energia para um determinado uso final. Algumas substituições implicam ganhos sistêmicos de eficiência, como é o caso da troca dos chuveiros elétricos por aquecedores solares ou a gás, ou ainda, em maior porte, a implantação de unidades de cogeração em substituição a unidades separadas de produção de eletricidade e calor. Nesses casos, os governos de vários países têm oferecido diversos tipos de subsídios para tornar estas substituições economicamente atrativas.

Essa estratégia pode ser bastante ampla. Contudo, priorizaram-se três pontos: incentivo à substituição do aquecimento de água gerado a partir da energia elétrica por solar, cogeração e geração distribuída. Em função da amplitude e complexidade dos dois últimos temas, estes serão tratados separadamente na próxima seção.

O maior potencial para o uso do aquecimento solar de água concentra-se no setor residencial, mas não se restringe a ele. Outras aplicações significativas são: no setor industrial podem ser utilizados no

pré-aquecimento de caldeiras; no setor comercial, em chuveiros e piscinas. Entretanto, a estratégia de incentivo ao uso do aquecimento de água por energia solar está sendo estudada e será contemplada em programa específico de incentivo.

O incentivo ao uso de combustíveis alternativos no setor de transportes é também ponto chave nesta estratégia, pois este setor responde por mais de 30% do uso de combustíveis no Brasil. Deve haver fomento à inserção no mercado de sistemas motrizes alternativos: veículos elétricos, biocombustíveis, hidrogênio, subprodutos de refino de petróleo.

A diretriz geral para esta estratégia é o incentivo a fontes alternativas que gerem ganhos sistêmicos.

Apoiar a otimização da matriz de transportes no Brasil

A atual matriz de transportes do Brasil apresenta potencial significativo de otimização. Em um primeiro plano, essa otimização deve ser norteada pelo atendimento eficaz às demandas de cargas e passageiros, que, por seu turno, dependem da evolução prevista da distribuição espacial das expansões estimadas dos principais centros de produção e consumo no País, e da evolução futura da capacidade de financiamento das diversas infra-estruturas modais de transporte. No entanto, a minimização do consumo energético e dos impactos ambientais devem pautar essa otimização, de forma que a evolução da matriz se dê, também, em base energética e ambientalmente sustentável.

A integração dos modais com maior utilização dos modais ferroviário e aquaviário, marítimo e fluvial, para o transporte de cargas, bem como do transporte coletivo urbano, associando a eficiência energética com a gestão da mobilidade, pode propiciar economia significativa de combustíveis, proporcionando uma maior competitividade a muitos setores da economia. Essas conversões e integração de modais de transporte preconizadas anteriormente evidentemente só podem ser viabilizadas de maneira gradativa por conta dos pesados investimentos nas diversas infra-estruturas de transporte que requerem. Por outro lado, existem medidas de fomento à eficiência energética que podem ser adotadas em prazo mais curto, tais como corredores viários urbanos, construção de ciclovias, implantação da inspeção veicular em todo o território nacional etc.

Cabe ao Ministério dos Transportes, coordenar essa otimização, e fazer com que outros organismos afetos ao tema, dentre as quais incluem-se os Ministérios das Cidades, de Minas e Energia, e do Meio Ambiente, tomem parte no processo. A estratégia proposta é apoiar prioritariamente o Ministério dos Transporte nesta atividade, em função de sua estreita relação com o consumo de combustíveis.

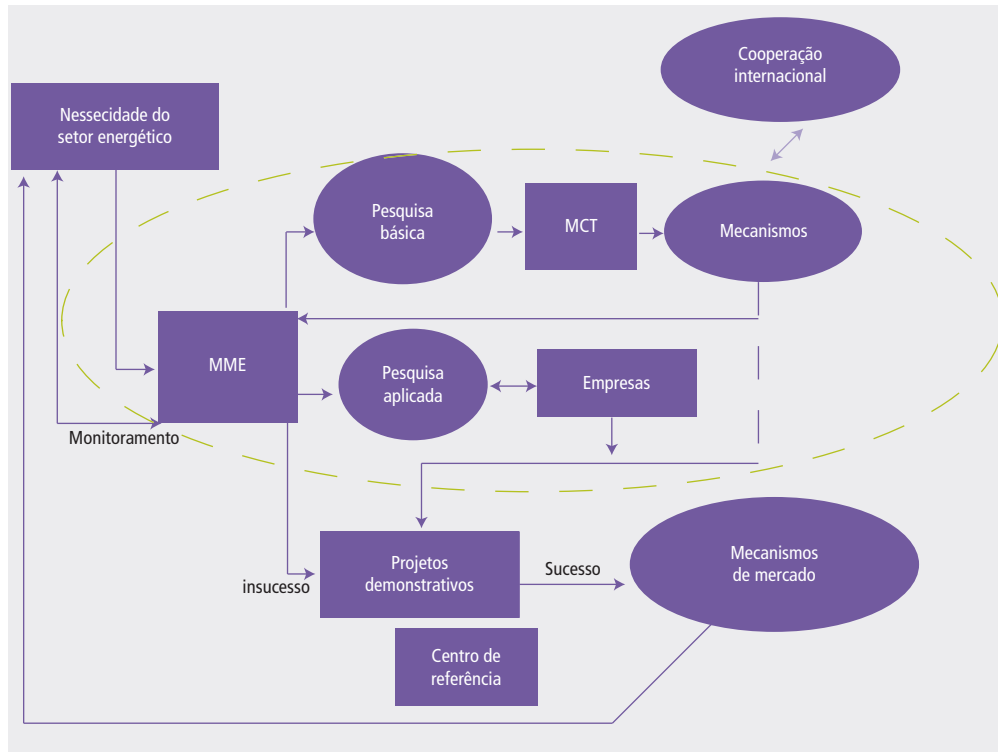
Estratégia para a inovação tecnológica no Brasil

A estratégia para a inovação tecnológica no Brasil deve priorizar tanto a capacidade já instalada quanto a vocação das instituições de pesquisa, bem como focar simultaneamente na formação de recursos humanos e no desenvolvimento de processos e produtos inovadores para o setor de energia.

Assim como muitos países consideram a colaboração internacional neste tema uma estratégia de governo, o Brasil deve buscá-la, de forma integrada e coordenada pelo MME, por meio da troca de informações entre instituições brasileiras e a comunidade internacional, bem como por identificar as oportunidades de participação em projetos conjuntos e interagido com instituições de financiamento internacionais.

A estratégia de inovação tecnológica para o setor energético no Brasil envolve a participação de vários atores. Conforme mostra a figura seguinte, o Governo Federal, no âmbito do MME, procura identificar as ne-

cessidades do mercado, por meio das informações obtidas junto aos agentes do setor energético, nos seus estudos de planejamento e necessidades do consumidor, e definirá quais os temas que requerem inovações tecnológicas. Essa informação deverá ser encaminhada aos comitês gestores dos fundos setoriais, atualmente gerenciados pelo MCT, e também para as empresas estatais do setor.

Figura 1 – Estratégia de inovação tecnológica

As macro-áreas para investimentos em pesquisa no Brasil, sobre o tema eficiência são:

- Eficiência na indústria de energia elétrica (G/T/D);
- Alternativas construtivas para edificações;
- Desenvolvimento de turbinas a gás (cogeração e micro-cogeração);
- Desenvolvimento de sistemas motrizes alternativos para automóveis leves;
- Desenvolvimento de geradores de vapor alternativos para processos industriais;
- Sistemas de aquecimento solar de água: materiais, projetos e execução;
- Aproveitamento de resíduos urbanos e industriais para fins energéticos;
- Estudos de comportamento do consumidor e GLD-Gerenciamento pelo Lado da Demanda.

Por fim, a proposta é que o MME apóie e subsidie a política de inovação tecnológica, definindo as áreas de prioridade para o MCT. Resumidamente, a estratégia deve focar nas seguintes diretrizes:

- Direcionar recursos do CT-ENERG, CT-PETRO e demais fundos setoriais para P&D&I em áreas estratégicas do setor de energia (via MCT);

- Estabelecer linhas sustentáveis de fomento à inovação;
- Estimular a participação dos recursos orçamentários para projetos demonstrativos e pesquisa de base;
- Alinhar os projetos de pesquisa aplicada com os interesses da indústria de energia (MDIC);
- Incentivar o crescimento de registro de patentes do setor de energia;
- Estimular centros estratégicos regionais.

4. Considerações finais

É inegável que o Brasil encontra-se, atualmente, frente a um cenário extremamente favorável ao fortalecimento do mercado de eficiência energética, dispondo de um imenso potencial a ser explorado. Todavia, este mercado e este potencial não parecem estar se concretizando na prática. Tendo em vista todas as conquistas e os resultados já obtidos por meio dos Programas Nacionais de Eficiência Energética, o estabelecimento formal e consolidado de uma Política e consequentemente de um Plano Nacional de Eficiência Energética deve propiciar um avanço significativo na mobilização e nas ações dos diversos agentes econômicos que devem participar desse esforço nacional, superando as barreiras existentes.

O desafio presente é consolidar e ampliar os avanços e conquistas obtidos, conferindo mais contundência e consonância às iniciativas de eficiência energética no Brasil. É com tal objetivo que ganha corpo as propostas apresentadas nesta nota técnica, resultado de um processo consensual de amadurecimento entre especialistas.

Entende-se que o grande desafio, hoje, é tornar sustentável o mercado e a atividade empresarial da eficiência energética no Brasil. O Estado deve se valer do seu aparato para fomentar os agentes econômicos, alocando recursos públicos já assegurados em lei, segundo prioridades definidas por relações benefício/custo favoráveis, visando sempre o desenvolvimento e consolidação de estruturas que tornem esse mercado, a médio e longo prazos, capaz de prescindir da intervenção governamental. Obviamente, não se pretende abrir mão da permanente atribuição de formulação política, tampouco da ação reguladora e fiscalizadora, que lhe competem, estruturalmente.

De uma forma resumida, a proposta é trabalhar as estratégias estruturantes – que basicamente se constituem na consolidação das fontes de recursos, do marco legal e dos processos de monitoramento e verificação, além do principal foco na sedimentação de uma cultura de combate ao desperdício de energia -; e as estratégias operacionais, que visam à inserção de equipamentos eficientes; ao acesso à energia de forma sustentável pelos consumidores de baixa renda; à otimização energética de processos; à otimização da matriz nacicional de transportes; ao fomento à geração distribuída e ao aquecimento de água por energia solar.

Seguem-se a estas orientações, de forma articulada e ampliando a base de informação, o conseqüente e necessário detalhamento da Política Nacional de Eficiência Energética e o planejamento de ações e da estrutura operacional que darão consistência a essa política por meio do Plano Nacional de Eficiência Energética – PNEf. Este Plano, síntese de todas as ações a serem implementadas deverá conter as metas a serem obtidas, custos, prazos de implementação, modelos de negócios a serem estabelecidos, bem como a responsabilidade dos agentes envolvidos.

5. Referências bibliográficas

Eletrobrás, Avaliação dos Resultados do PROCEL 2005, Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, Eletrobrás, Rio de Janeiro, RJ, 2006.

Geller, H. Leilão de Eficiência Energética. Workshop Leilão de Eficiência Energética. 2006.

Haddad, J. (Org.), Eficiência Energética: Integrando Usos e Reduzindo Desperdícios. ANEEL Agência Nacional de Energia Elétrica e ANP Agência Nacional do Petróleo, Brasília, 1999.

Leal, J.E., Passos, M., Santos, R.L., Eficiência Energética no Setor de Transportes do Brasil, PUCRJ, 2006

Ministério de Minas e Energia, Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica 2006-2015, Brasília, DF, 2006.

Ministério de Minas e Energia, Estudos s da Matriz Energética Brasileira 2003-2023, Brasília, DF, 2006b.

Ministério de Minas e Energia, O Planejamento Energético e Considerações sobre a Inserção da Eficiência Energética, Brasília, DF, 2006c.

Procel. Relatório parcial de pesquisa de posse de eletrodomésticos e Hábitos de uso. Elçetrobrás. 2006